

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



**Regional  
Catalão**



## **O ENSINO DE FÍSICA POR MEIO DE EXPERIMENTOS COM MATERIAIS DO LIXO ELETRÔNICO**

**Rafael Henrique dos Reis Santos**

Dissertação de Mestrado de Rafael Henrique dos Reis Santos, apresentado ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:  
Prof. Dr. Marcionílio Teles de Oliveira Silva

Catalão - GO  
Fevereiro de 2017

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

**1. Identificação do material bibliográfico:**       **Dissertação**       **Tese**

**2. Identificação da Tese ou Dissertação**

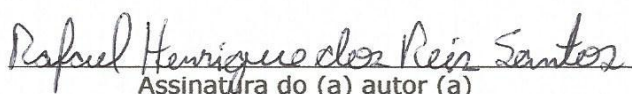
Nome completo do autor: Rafael Henrique dos Reis Santos

Título do trabalho: O ENSINO DE FÍSICA POR MEIO DE EXPERIMENTOS COM MATERIAIS DO LIXO ELETRÔNICO

**3. Informações de acesso ao documento:**

Concorda com a liberação total do documento  SIM       NÃO<sup>1</sup>

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.

  
Assinatura do (a) autor (a)

Data: 04 / 04 / 2017

<sup>1</sup> Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

## FICHA CATALOGRÁFICA

Santos, Rafael Henrique dos Reis

O Ensino de Física por Meio de Experimentos com Materiais do Lixo Eletrônico [manuscrito] / Rafael Henrique dos Reis Santos. - 2017. ix, 98 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Dr. Marcionílio Teles de Oliveira Silva.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Unidade Acadêmica Especial de Física e Química, Catalão, Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, Catalão, 2017.

Bibliografia. Apêndice.

Inclui fotografias, gráfico, tabelas.

1. Ensino de física. 2. Lixo eletrônico. 3. Atividades experimentais. I. Silva, Dr. Marcionílio Teles de Oliveira, orient. II. Título.

CDU 537



Serviço Público Federal  
Ministério da Educação  
Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão  
Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física



Relatório de Defesa de Dissertação  
Candidato: **Rafael Henrique dos Reis Santos**

Aos 10/03/2017 às 14:00 horas, realizou-se na Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão a Defesa de Dissertação de Mestrado sob o título: O Ensino de Física por meio de Materiais do Lixo Eletrônico apresentada pelo candidato: **Rafael Henrique dos Reis Santos**. Ao final dos trabalhos a banca examinadora reuniu-se em sessão reservada para o julgamento tendo os membros chegado ao seguinte resultado:

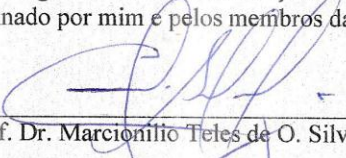
Participantes da Banca:	Função	Instituição
Prof. Dr. Marcionílio Teles de O. Silva	Presidente	UAEF/UFG-RC
Prof. Dr. Jorge Luiz Vieira dos Anjos	Titular	UAEF/UFG-RC
Prof. Dr. Alessandro Souza Carneiro	Titular	UAEF/UFG-RC
Prof. Dr. Mauro Antonio Andreata	Titular	UAEF/UFG-RC

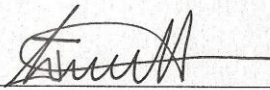
Resultado Final: APROVADO.

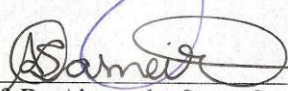
Parecer da Comissão Julgadora:

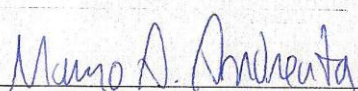
O trabalho apresentado (Dissertação e Apresentação Oral) atende aos requisitos do MNEEF e, portanto, considera-se aprovado o aluno Rafael H.R. Santos.

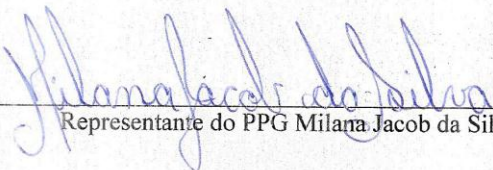
Encerrada a sessão reservada, o presidente informou ao público presente o resultado. Nada mais havendo a tratar, a sessão foi encerrada e, para constar eu Milana Jacob da Silva representante do Programa de Pós Graduação em Ensino de Física lavrei o presente relatório que será assinado por mim e pelos membros da banca examinadora.

  
Prof. Dr. Marcionílio Teles de O. Silva

  
Prof. Dr. Jorge Luiz Vieira dos Anjos

  
Prof. Dr. Alessandro Souza Carneiro

  
Prof. Dr. Mauro Antonio Andreata

  
Representante do PPG Milana Jacob da Silva

Não houve alteração no título.

Houve. O novo título passa a ser:

**O ENSINO DE FÍSICA POR MEIO DE EXPERIMENTOS COM MATERIAIS DO  
LIXO ELETRÔNICO**

**Rafael Henrique dos Reis Santos**

Orientador:  
Prof. Dr. Marcionílio Teles de Oliveira Silva

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

---

Dr. Marcionílio Teles de Oliveira Silva (Orientador)

---

Dr.

---

Dr.

---

Dr.

Catalão - GO  
Fevereiro de 2017

## FICHA CATALOGRÁFICA

Dedico esta dissertação a todas as pessoas que acreditam que podem se tornar melhores a cada dia e que lutam para que seus sonhos se tornem realidade com a benção de Deus; a todos que saibam respeitar o próximo e buscar caminhos corretos e, finalmente, aos profissionais da educação que fazem do pouco que lhes é oferecido, grandes ações para a formação do ser humano.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela realização de mais um sonho, por me dar inteligência, sabedoria e muita força para sempre seguir em frente. Depois, agradeço aos meus pais, Édimo e Marizelda, por me mostrarem desde pequeno que a educação é o melhor caminho, educando-me para estar aqui; à minha esposa, Denise, que sempre esteve ao meu lado, fortificando-me e confiando em dias melhores com muito amor, carinho e atenção; aos meus irmãos Ranaielly, Rafaella e Rodrigo, que mostram o verdadeiro valor da união com muito amor e alegria.

Agradeço ao meu orientador Professor Dr. Marcionílio Teles de Oliveira Silva, que sempre esteve à disposição para me auxiliar no trabalho, por ser exemplo na melhoria da qualidade de ensino através de métodos dinâmicos de aprendizagem; aos professores do programa que mostraram por meio de suas aulas sabedoria, foco e novas maneiras de trabalhar com os conceitos físicos.

Aos colegas de mestrado, pela amizade que construímos nesse período que passamos juntos e que levaremos para o resto de nossas vidas.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa de estudo, recurso financeiro fundamental para a realização desse mestrado e a SBF (Sociedade Brasileira de Física) pelo suporte e gestão do MNPEF (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física).

“A imaginação é mais importante que o conhecimento.”

Albert Einstein

## RESUMO

### O ENSINO DE FÍSICA POR MEIO DE EXPERIMENTOS COM MATERIAIS DO LIXO ELETRÔNICO

Rafael Henrique dos Reis Santos

Orientador:

Prof. Dr. Marcionílio Teles de Oliveira Silva

Esse trabalho está voltado ao desenvolvimento de atividades experimentais, às metodologias que favoreçam o conhecimento e o sucesso no processo de ensino-aprendizagem na disciplina de Física. O Produto Educacional é uma alternativa para se trabalhar com alunos do ensino médio, com interesse em fortalecer o senso crítico e científico, além de poder orientá-los para o mercado profissional e o ensino acadêmico. A matéria-prima utilizada no desenvolvimento das atividades provém de sucatas eletrônicas, bem como de aparelhos elétrico-eletrônicos que não são colocados em funcionamento. Juntamente com as atividades, disponibiliza-se um material de apoio teórico para o aluno, como auxílio para interpretação dos resultados obtidos nos experimentos. O trabalho foi desenvolvido com alunos do terceiro ano do Ensino Médio, no total, doze atividades experimentais divididas em quatro equipes foram realizadas pelos discentes sob a orientação do professor, as quais abordaram tópicos referentes a cargas elétricas, eletrodinâmica e eletromagnetismo. De acordo com os resultados obtidos, os quais foram “medidos” por meio de uma avaliação diagnóstica, feita pelos alunos no primeiro momento antes do desenvolvimento das atividades experimentais e outra logo após as atividades, foi possível verificar uma melhoria no aprendizado dos conceitos físicos envolvidos nos experimentos. Além disso, observou-se uma conscientização maior por parte dos alunos quanto ao uso e descarte correto de resíduos provenientes de equipamentos eletrônicos e a importância de se trabalhar em equipe.

Palavras-chave: Ensino de Física, Lixo Eletrônico, Atividades Experimentais.

Catalão-GO

Fevereiro de 2017

## **ABSTRACT**

### **THE TEACHING OF PHYSICS BY MEANS OF EXPERIMENTS WITH ELECTRONIC GARBAGE MATERIALS**

Rafael Henrique dos Reis Santos

Supervisor:

Prof. Dr. Marcionílio Teles de Oliveira Silva

This work is focused on the development of experimental activities, methodologies that favor knowledge and success in the teaching-learning process in the Physics discipline. The Educational Product is an alternative to work with high school students, with an interest in strengthening the critical and scientific sense, besides being able to guide them to the professional market and academic education. The raw material used in the development of the activities comes from electronic scrap as well as electrical and electronic devices that are not put into operation. Along with the activities, a theoretical support material is provided for the student, as an aid to interpretation of the results obtained in the experiments. The work was developed with students of the third year of High School, in total, twelve experimental activities divided into four teams were carried out by the students under the guidance of the teacher, which addressed topics related to electrical charges, electrodynamics and electromagnetism. According to the obtained results, which were "measured" by means of a diagnostic evaluation, made by the students in the first moment before the development of the experimental activities and another one after the activities, it was possible to verify an improvement in the learning of the physical concepts involved In the experiments. In addition, there was a greater awareness on the part of students about the correct use and disposal of waste from electronic equipment and the importance of teamwork.

Keywords: Physics Teaching, Electronic Junk, Experimental Activities.

Catalão-GO

February 2017

viii

## Sumário

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
INTRODUÇÃO .....	1
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>5</b>
MUTAÇÕES NO ENSINO DE CIÊNCIAS .....	5
2.1. ABORDAGEM EXPERIMENTAL AO LONGO DA HISTÓRIA .....	5
2.2. AS ATIVIDADES DE DEMONSTRAÇÃO DE VYGOTSKY E A COMPREENSÃO DO CÉREBRO HUMANO DE ACORDO COM PIAGET.....	7
2.3. A ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO .....	10
2.4. O PROFESSOR COMO MEDIADOR .....	12
2.5. O LIXO ELETRÔNICO NO DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS .....	14
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>16</b>
REGISTROS DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS .....	16
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>22</b>
ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS .....	22
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>30</b>
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	30
<b>APÊNDICE A</b> .....	<b>32</b>
AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA .....	32
<b>APÊNDICE B</b> .....	<b>34</b>
PRODUTO EDUCACIONAL .....	34
<b>APÊNDICE C</b> .....	<b>87</b>
RESPOSTAS DOS ALUNOS À AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA.....	87
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>97</b>

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de atividades experimentais no ambiente educacional representa um forte aliado para compreensão do conhecimento por parte dos educandos, além de fortalecer a construção do saber. Alguns fatores, porém, pertencentes ao sistema de ensino podem representar barreiras contrárias às aplicações experimentais, tais como: i) carga horária reduzida para as disciplinas de Ciências, especialmente a Física; ii) espaço físico impróprio ou escassez de recursos; iii) a preparação do docente que, também, é um fator que se deve considerar para a aplicação da atividade. Em escolas que adotam apostilas que obedecem a um cronograma anual ou que possuem algum fator citado anteriormente, é comum que o ano letivo seja concluído seguindo características tradicionais.

O que se verifica nas maiorias das atividades de caráter experimental/lúdico, quando raramente são desenvolvidas, é uma tarefa com procedimentos restritos na qual, às vezes, nem é preciso a sua conclusão para que a resposta esperada seja alcançada. A motivação geralmente está associada a alguns pontos que são necessários para a aprovação no final do curso. Há possibilidade de professores de Física que não desenvolvem atividades diversificadas no decorrer do curso sentirem insatisfeitos com a situação. Todavia, pouca ou nenhuma ação é iniciada, o que pode indicar um despreparo na formação inicial (graduação) e/ou, também, alguma deficiência durante o curso de especialização.

Geralmente, os sistemas de avaliação cobram exclusivamente conteúdos apresentados em sala e limitados à resolução de exercícios. Na disciplina de Física, o problema em associar todo o conteúdo ministrado com experimentos é grande. Muitos tópicos são complexos de serem realizados em ambientes comuns, tais como: Lei da Gravitação, Leis da Termodinâmica, Eletrostática, entre outros. Porém, é possível associar a maioria dos tópicos a uma atividade experimental que não exige grandes montagens e construções, como, por exemplo, na cinemática e na óptica.

É possível que nas instituições de ensino, sejam estas públicas ou privadas, o ensino de física se dá em sua totalidade ou maioria por métodos tradicionais de ensino, com foco nas aulas expositivas. Algumas escolas até possuem condições para utilização de espaços físicos adicionais, mas o profissional se vê diante de uma série de dificuldades curriculares, organizacionais, de capacitação, entre outras, que inviabilizam a ação.

Uma característica da prática docente é associar o que está sendo desenvolvido em sala de aula com o cotidiano do aluno, para que este possa fazer uma ligação entre o teórico e a sua realidade. Outro ponto a ser destacado é tornar o conteúdo multidisciplinar para que permita ser analisado de óticas diferentes. Sabe-se que a tecnologia evolui de uma maneira exponencial e que para as pessoas, mesmo sem desejarem acompanhar e comercializar os lançamentos tecnológicos, a dependência se mostra tanto nas áreas de comunicação, transportes, pesquisa, saúde, entre diversas outras.

A quantidade de lixo eletrônico (equipamentos eletrônicos que não são mais utilizados ou que são descartados) provenientes dos aparelhos elétrico-eletrônicos é muito grande e pode ser reutilizada como uma fonte alternativa de materiais nas atividades experimentais, além de provocar através desse recurso conscientização de alunos e comunidade sobre a necessidade do descarte correto desses materiais e quais os riscos à saúde humana e animal, quando substâncias tóxicas encontradas nos aparelhos são ingeridas ou inaladas, além da contaminação e conseqüente poluição do solo ou da água.

Tornar o ensino de Física no ensino médio algo mais agradável para os estudantes é algo que pode melhorar a qualidade do ensino. Uma das possibilidades é o estímulo à participação dos alunos, fazendo com que sejam ativos dentro do processo ensino-aprendizagem. Uma das características de se estudar física é porque através desta pode-se argumentar praticamente todos os eventos que acontecem, a composição e descrição de fenômenos e até tópicos de áreas aparentemente fora de todo o contexto, por exemplo, no campo da biologia. Associar a física com ocorrências do cotidiano se torna algo agradável, pois os alunos têm a oportunidade de verificarem o que está sendo proposto em sala de aula com o que ocorre ao seu redor. Esta metodologia torna o ensino agradável e as aulas mais atraentes, produtivas e concretas.

No ensino médio, o aluno tem a oportunidade de compreender os fenômenos do dia a dia, a evolução do conhecimento científico e porque as explicações são válidas. Para Manegotto & Rocha (2008, p. 304), segundo relatos dos próprios alunos em investigação, “a física no ensino médio parece um ‘bicho de sete cabeças’, porque geralmente não conseguimos enxergar sua importância e utilização, no nosso dia-a-dia, de certos assuntos”.

É preciso sempre correlacionar à física teórica com a física aplicada experimentalmente, pois não basta possuir saberes sobre a natureza, também é necessário entender como a Ciência funciona, pois só assim as características e limites deste conhecimento podem ser avaliados. Nessa perspectiva, com o objetivo de verificar a melhoria da interpretação de conceitos físicos através do desenvolvimento de práticas experimentais associadas a aulas expositivas, a

metodologia do trabalho permitiu participação do corpo discente em todas as etapas, com início na formação teórica através de discussões sobre o lixo eletrônico, alunos se interagiram na confecção de cartazes, formação de grupos de discussão e apresentação de material multimídia. Posteriormente, a matéria prima a ser utilizada nos experimentos é resultado da contribuição dos alunos, tanto na obtenção, quanto na extração e manipulação de componentes.

O desenvolvimento de atividades experimentais é de grande importância no ambiente educacional, pois favorece o sucesso no processo de ensino e agrega valores ao indivíduo perante a sociedade, tais como: saber trabalhar em equipe, construir um conceito derivado de várias ideias e respeito ao próximo. Portanto, diante da importância de um ensino significativo, há uma necessidade de transformação no ensino de Ciências, especialmente a Física.

Quando a prática se fizer rotineira em um determinado ambiente de ensino, cuidados de como é trabalhada com os alunos devem ser altamente analisados, por exemplo, se a prática proposta envolver um roteiro esta pode ser tão igual a uma aula expositiva e não contribuir de modo significativo ao conhecimento do educando. É correto que os alunos façam parte do processo, que os erros assim como os acertos possam ser discutidos, de modo que a manipulação e extração de dados resultem em total assimilação do conhecimento de acordo com a proposta do trabalho.

O desenvolvimento dos aparelhos tecnológicos ocorre em uma velocidade muito superior ao tempo de utilização que estes possuem que, por sua vez, também é curto. Com isso, acompanhar essa evolução é sinônimo de geração de lixo eletrônico (e-lixo). O que se nota com frequência são empresas de tecnologias com lançamentos frequentes de produtos inovadores, com funções cada vez mais aprimoradas. Com relação aos materiais eletrônicos, uma vez que são descartados de modo incorreto, do mesmo modo que o lixo comum, gera-se grandes riscos à saúde e impactos ambientais.

De acordo com Machado (Machado, 2014), em um estudo feito por iniciativa da Organização das Nações Unidas (ONU), a cada ano uma pessoa descarta em média 7 quilogramas de lixo eletrônico. Ainda, de acordo com Machado (Machado, 2014) “o descarte de peças se tornou uma bola de neve tóxica que cresce a velocidade preocupante em países de alta renda e é sistematicamente jogada em nações em desenvolvimento”. Países que têm baixos índices de produção de resíduos acabam envolvidos nesse problema global ao receber partes eletrônicas e rejeitos compostos de materiais perigosos como chumbo, mercúrio, cádmio e arsênio. De acordo com Mattos;

A quantidade de produtos eletrônicos descartados pela sociedade vem aumentando a cada ano, no entanto, o fluxo reverso de produtos que podem ser reaproveitados ou retrabalhados para se transformar em matéria-prima novamente, vem sendo aproveitado apenas pela indústria em quantidades ainda pequenas frente ao potencial existente. Esta evolução permitiu ao varejista perceber que também pode contribuir com o processo e assim gerar uma receita que, até então, só era vista na indústria. (Mattos, et. al. 2008, p. 7)

Assim, é preocupante a realidade de como está sendo tratado o lixo eletrônico em todo o mundo. A Figura 1 mostra uma grande quantidade de lixo eletrônico despejada a céu aberto e que favorece a poluição no solo e da água nessa região.



Figura 1. Lixo Eletrônico

Fonte: <https://nacoesunidas.org/onu-preve-que-mundo-tera-50-milhoes-de-toneladas-de-lixo-eletronico-em-2017/>. Acesso em 05/04/2016.

Discutem-se rapidamente no Capítulo 2 as mutações sofridas no Ensino de Ciências. O registro das atividades desenvolvidas e a análise dos resultados obtidos serão considerados nos Capítulos 3 e 4, respectivamente. Finalmente, conclui-se o trabalho em Considerações Finais no Capítulo 5. O Questionário relacionado com a Avaliação Diagnóstica, o Produto Educacional – material didático para o professor – e algumas das respostas dos alunos à avaliação diagnóstica estão documentados nos Apêndices A, B e C, respectivamente.

## **CAPÍTULO 2**

### **MUTAÇÕES NO ENSINO DE CIÊNCIAS**

Serão abordados nesse capítulo algumas metodologias de ensino e a importância da avaliação no processo educacional.

#### **2.1. ABORDAGEM EXPERIMENTAL AO LONGO DA HISTÓRIA**

De acordo com Gaspar (Gaspar, 2014, p.12), entre o início do século XIX até meados dos anos 50, “[...] a abordagem experimental baseava-se na apresentação e descrição de equipamentos de demonstração. Era desse modo que se desenvolviam costumeiramente as atividades experimentais em todo o mundo”. Tais equipamentos permitiam uma extração quantitativa de resultados ou apenas uma análise qualitativa do experimento. Nessa época, os aparelhos eram levados para a sala de aula, pois havia pequena disponibilidade de laboratórios, devido ao grande valor dos equipamentos que eram fabricados artesanalmente e de suas grandes dimensões, para facilitar a visualização de diferentes pontos do ambiente.

No final do século XIX e início do século XX, a escola tradicional, que era caracterizada basicamente por considerar o professor como o centro do saber, à passividade do aluno e ao cumprimento de normas, sofreu grandes críticas da conhecida Escola Nova que teve início na Europa. Nessa nova proposta de ensino, o aluno desempenhava um papel principal na educação, tornando-se ativo no processo educacional e sendo estimulado frequentemente ao uso de recursos que fortalecesse seu saber.

A Escola Nova rapidamente perdeu forças devido aos resultados de seus métodos utilizados, pois neles os alunos iriam buscar livremente novos conhecimentos, fato que não ocorreu, obtendo resultados inferiores aos das escolas tradicionais que também foram creditadas por serem responsáveis pelos avanços científicos e tecnológicos daquela época. No início do século XX, por exemplo, a Física teve um grande advento com a formulação da Teoria da Relatividade e da Mecânica Quântica, que até hoje continuam a contribuir com a Ciência. Os grandes cientistas afirmaram que foram oriundos de escolas tradicionais.

Naquela época, assim como nos dias atuais, as maiores críticas com relação ao ensino foram da não compreensão dos conceitos, e sim de sua memorização, e da não existência de práticas experimentais. Em 4 de outubro de 1957, a então União Soviética (URSS) lançou o primeiro satélite artificial da Terra, o Sputnik. Isto levou os Estados Unidos a se colocarem

em questionar as suas metodologias educacionais, já que era considerado uma elite científica e acabava de ser ultrapassada numa disputa tecnológica. Assim, em 1960 foi lançada nos Estados Unidos, e em vários países como o Brasil, uma nova forma de se ensinar, com atividades de laboratório, aparelhagem para experimento e livro de apoio para o professor. A justificativa para esse novo método de ensino se baseava no fato de que só poderia haver entendimento da Ciência através de atividades experimentais.

Quando o aluno dispõe de material para que possa construir seu conhecimento, vários fatores de sua formação como indivíduo são fortalecidos, tais como trabalhar em equipe na busca de um senso comum de todos, e as descobertas científicas o estimulam a adquirir novos conceitos. O surgimento do método da redescoberta se deu com base no princípio que o educando fosse capaz de redescobrir as leis da Física com atividades planejadas.

As diversas metodologias de ensino que foram aplicadas nos diversos países mudaram a maneira de ensinar Física, valorizaram cada vez mais a formação do indivíduo e fizeram destacar as adaptações e a evolução no ensino de Ciências em cada período histórico. Por exemplo, no Brasil foi criado por uma iniciativa da Universidade de São Paulo (USP) o Projeto de Ensino de Física (PEF), que dispunha de um conjunto bibliográfico que contemplava as áreas da Mecânica, Eletricidade e Eletromagnetismo, além de um material experimental e de guias para o docente. Com a proposta de estudo individual, descentralizava o professor porque permitia que os alunos pudessem conferir suas abordagens diretamente com os materiais de apoio, porém, os objetivos do projeto não foram alcançados, talvez pelas dificuldades dos alunos com relação ao nível do material e sua capacidade de interpretação.

A descoberta de leis científicas através da observação recebe muitos questionamentos, pois, para que um conceito físico seja extraído de uma observação, seria necessário que o observador fosse detentor de conhecimentos prévios sobre o assunto, para que pudesse associá-lo e formular conceitos mais complexos. Portanto, o uso de atividades experimentais deve ser complementado com as discussões teóricas, a fim de facilitar a concretização de um conceito, como afirma Gaspar:

Em síntese, não há dúvida de que a observação é essencial para a construção da ciência, mas como diz Kepler, não é “impossível que uma pessoa possa ver o que milhares são incapazes de ver”. Só quem tem uma base conceitual mínima em relação a determinado conhecimento científico é capaz de observar um fenômeno a ele relacionado. Mesmo assim, não basta a capacidade de observar para que alguém seja capaz de entender ou de explicar o que observa; ou seja, nem mesmo a observação garante a explicação. (Gaspar, 2014, p. 40)

As descobertas experimentais quase sempre são precedidas de uma descoberta teórica, ou seja, o experimento serve para comprovar algo que já havia sido idealizado, em grande

parte prevista num intervalo de tempo relativamente grande até a data de sua comprovação. Exemplo disso, é o bóson de Higgs que explicaria a existência da matéria, previsto teoricamente em 1964 pelos físicos Peter Higgs, Robert Brout e François Englert, cuja comprovação ocorreu em julho de 2012, através de experimentos realizados no Grande Colisor de Hádrons (LHC).

No método científico tradicional, há cinco procedimentos fundamentais para se fazer Ciência, a saber: a observação, a formulação de problemas, as hipóteses levantadas, experiências de teste e as conclusões. Porém, é válido ressaltar que, se o aluno não sabe a lei, não sabe também o que se deve observar. Apesar de todos os questionamentos com relação a esse método, ele é o mais verificado nas apostilas de experimentos e nos livros-textos que são usados como material de apoio no ensino de Ciências. Justifica-se isso pelo fato dos alunos serem orientados pelo professor que conhece a lei e consegue direcioná-los para que possam comprovar um conceito. Essa metodologia é conhecida como redescoberta orientada e passa a ter um papel pedagógico na forma de ensino.

## **2.2. AS ATIVIDADES DE DEMONSTRAÇÃO DE VYGOTSKY E A COMPREENSÃO DO CÉREBRO HUMANO DE ACORDO COM PIAGET**

Tanto Vygostky quanto Piaget foram grandes estudiosos na área psicológica e pedagógica da formação do indivíduo desde os seus primeiros meses de vida. Seus estudos fortaleceram métodos de ensino e foram essenciais para a compreensão de como se dá a consolidação do saber.

Segundo Piaget (1973), “o desenvolvimento mental é uma construção contínua comparável à edificação de um grande prédio que, à medida que se lhe acrescenta algo, vai ficando mais sólido”. Desse modo, em comparação às palavras de Piaget, quanto mais conhecimentos a pessoa possuir, maior é a sua capacidade de assimilação. Questionamentos favorecem novas informações e consolidação das mesmas, fator comum a todas as pessoas desde a infância até a adolescência, no qual, qualquer acontecimento permite ser interpretado por meio de assimilações e associações, embasadas nos conhecimentos adquiridos por sua experiência.

Seguindo a fundamentação de Piaget, o cérebro humano evolui em quatro estágios de desenvolvimento, a saber; i) sensório-motor, correspondente a 1,5 ou 2 anos de vida; ii) o pré-operatório, de 2 a 7 anos; iii) o operatório concreto de 7 aos 12 anos; iv) o operatório formal

dos 12 aos 15 anos. De maneira resumida, as principais características de cada estágio estão apresentadas no quadro a seguir.

Quadro 2.1. Estágios de desenvolvimento cognitivo de Piaget.

<b>Estágio</b>	<b>Características</b>
i) Sensório-motor	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Primeiros hábitos motores</li> <li>○ Primeiros sentimentos</li> <li>○ Construções mentais de objeto, espaço, tempo, eventos</li> </ul>
ii) Pré-operatório	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Representação verbal</li> <li>○ Associar ações passadas com ações futuras</li> <li>○ Início da socialização</li> </ul>
iii) Operatório concreto	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Modificação do desenvolvimento mental</li> <li>○ Experiência afetiva</li> <li>○ Avanço na capacidade de abstração</li> </ul>
iv) Operatório formal	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Manipulação concreta para o de ideias</li> <li>○ Conclusões pautadas em hipóteses sem necessidade de observação</li> </ul>

Fonte: Próprio autor.

De acordo com Piaget, no estágio do operatório formal todos os estados anteriores seriam completados. Neste estágio, o indivíduo adquire maneiras de desenvolver o pensamento científico, com o cérebro construindo conhecimento através de múltiplas assimilações que ocorreram durante o seu desenvolvimento. Ele propôs, também, em sua teoria quatro fatores para melhor interpretação das estruturas: maturação, experiência, transmissão social e equilíbrio.

O foco desse estudo é a justificativa para qual o desenvolvimento de experimentos é importante para o ensino. Nesse aspecto, Gaspar (2014) faz uma contribuição importante a respeito do desenvolvimento cognitivo:

O impacto para o desenvolvimento cognitivo é diferente quando se trata de experiência física ou concreta, aquela que age diretamente sobre objetos e deles se extrai ou abstrai algum conhecimento, ou de experiência lógico-matemática, aquela pela qual o sujeito descobre o conhecimento não dos próprios objetos, mas de ações exercidas sobre eles. Por exemplo: pesar objetos e verificar que os maiores nem sempre são os mais pesados é uma experiência física; alinhar pedrinhas e descobrir que o número delas é o mesmo, independente da ordem em que se faça a contagem ou do modo pelo qual se faça esse alinhamento, em reta, curva, espaçadamente ou não é uma experiência lógico-matemática. (Gaspar, 2014, p.60-61)

Os estágios dessa teoria de Piaget destacam a formação intelectual e científica do ser humano, sintetizando os fatores necessários para o sucesso no processo de ensino aprendizagem, que pode surgir de processos de pesquisas, observações e análises fundamentais. Portanto, os ambientes educacionais e as práticas didáticas devem ser

favoráveis à disponibilidade de recursos que permite por parte dos estudantes a busca de conhecimento.

A teoria de Piaget promoveu uma mudança no ensino, constatando-se que a maioria dos ambientes educacionais que não eram bem-sucedidos no ensino de conceitos formais deveria substituir as aulas expositivas por recursos que possibilitassem a assimilação de um conceito. Porém, essa teoria falha por não definir uma base de conhecimentos necessários para que o aluno pudesse progredir para o próximo estado.

Conhecimentos baseados no senso comum se diferem dos científicos. Na análise de um fenômeno, há possibilidade de ser interpretado por uma estrutura lógica baseada nos saberes empíricos. Tal característica pode ser comum a todas as pessoas, funcionam como se fizessem parte dos conceitos do indivíduo.

As estruturas de pensamento propostas por Piaget foram consideradas por Vygotsky como equivocadas. Para ele, um conceito era decorrente de interpretações espontâneas e o conhecimento científico só era alcançado depois de interpretações livres do próprio pensamento. Assim, de acordo com Vygotsky:

O desenvolvimento dos conceitos espontâneos e científicos - cabe pressupor - são processos intimamente interligados, que exercem influências um sobre o outro. [...] independentemente de falarmos do desenvolvimento dos conceitos espontâneos ou científicos, trata-se do desenvolvimento de um processo único de formação de conceitos, que se realiza sob diferentes condições internas e externas mas continua indiviso por sua natureza e não se constitui da luta, do conflito e do antagonismo de duas formas de pensamento que desde o início se excluem. (Vygotsky, 2001, p. 261).

Para Vygotsky, uma criança possui raciocínio diferente quando se defronta com conceitos espontâneos ou científicos. Segundo ele,

A relação dos conceitos científicos com a experiência pessoal da criança é diferente da relação dos conceitos espontâneos. Eles surgem e se constituem no processo de aprendizagem escolar por via inteiramente diferente que no processo de experiência pessoal da criança. As motivações internas, que levam a criança a formar conceitos científicos, também são inteiramente distintas daquelas que levam o pensamento infantil à formação dos conceitos espontâneos. Outras tarefas surgem diante do pensamento da criança no processo de assimilação dos conceitos na escola, mesmo quando o pensamento está entregue a si mesmo. [...] considerações igualmente empíricas nos levam a reconhecer que a força e a fraqueza dos conceitos espontâneos e científicos no aluno escolar são inteiramente diversas: naquilo em que os conceitos científicos são fortes os espontâneos são fracos e vice-versa, a força dos conceitos espontâneos acaba sendo a fraqueza dos conceitos científicos. (Vygotsky, 2001, p. 263).

As atividades desenvolvidas relacionadas ao conteúdo de Física na forma de demonstração tendem a associar os conceitos de maneira a possibilitar uma observação. Essa verificação possui relação direta com a realidade de cada educando, que utiliza a

aprendizagem diária para atribuir significados ao que observa. As demonstrações em sala de aula tentam preencher um espaço deixado pelo não conhecimento do senso científico e que são associados aos conceitos espontâneos. Uma atividade experimental orientada pelo professor pode gerar para o mesmo experimento diferentes concepções, de acordo com o nível de formação de cada aluno.

Para Vygotsky, a cooperação no ambiente educacional é um fator que favorece o sucesso na aprendizagem. Tal colaboração não se restringe à relação professor-aluno, mas, também entre os próprios alunos. Essa relação é a mesma de uma vida em sociedade, onde cada indivíduo desempenha o seu papel, contribuindo uns com os outros e acarretando num desenvolvimento social. Assim:

Afirmamos que em colaboração a criança sempre pode fazer mais do que sozinha. No entanto, cabe acrescentar: não infinitamente mais, porém só em determinados limites, rigorosamente determinados pelo estado do seu desenvolvimento e pelas suas potencialidades intelectuais. Em colaboração, a criança se revela mais forte e mais inteligente que trabalhando sozinha, projeta-se ao nível das dificuldades intelectuais que ela resolve, mas sempre existe uma distância rigorosamente determinada por lei, que condiciona a divergência entre a sua inteligência ocupada no trabalho que ela realiza sozinha e a sua inteligência no trabalho em colaboração. [...] A possibilidade maior ou menor de que a criança passe do que sabe para o que sabe fazer em colaboração é o sintoma mais sensível que caracteriza a dinâmica do desenvolvimento e o êxito da criança. Tal possibilidade coincide perfeitamente com sua zona de desenvolvimento imediato. (Vygotsky, 2001, p. 329).

Ainda, de acordo com Vygotsky (2001, p.331), “porque na escola a criança não aprende o que sabe fazer sozinha, mas o que ainda não sabe fazer e lhe vem a ser acessível em colaboração com o professor e sob sua orientação”. Nessa metodologia, verifica-se a importância do professor no processo ensino-aprendizagem, o qual não é considerado como mero reprodutor de conhecimento. Pelo contrário, ele age como mediador, direcionando e possibilitando a construção do saber através de suas atividades.

### **2.3. A ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO**

O ensino desenvolve a capacidade organizacional para questões através de embasamentos diversos. Nesse sentido, alguns métodos de ensino valorizam uma cabeça bem-feita e outros uma cabeça bem cheia. Mas existe uma grande diferença entre eles: uma cabeça bem-feita é aquela que possui uma organização dos seus saberes, onde a procura por novos conhecimentos acontece de uma maneira facilitada por existir uma melhor concepção de como relacionar o novo, um método que facilita a absorção. Já a cabeça bem cheia é aquela voltada para a quantidade de informação armazenada, caracterizada por definições e por uma linearidade, possui caráter limitante.

Alguns ambientes educacionais, quase em sua maioria, estão direcionados a produzirem uma cabeça bem cheia. Mas, para que o aluno possa aprender, deve haver a interação deste com tema abordado e sua realidade. Portanto, todo meio educacional deve possuir alguma metodologia que possa ser utilizada para uma nova visão de ensino para agir como ponto de interrogação na vida de cada um, fortificando e dando um novo conceito do saber. De acordo com Morin (2008):

Todo conhecimento constitui, ao mesmo tempo, uma tradução e uma reconstrução, a partir de sinais, signos, símbolos, sob a forma de representação, ideias, teorias, discursos. A organização dos conhecimentos é realizada em função de princípios e regras [...], comporta operações de ligação (conjunção, inclusão, implicação) e de separação (diferenciação, oposição, seleção, exclusão). O processo é circular, passando da separação à ligação, da ligação à separação, e, além disso, da síntese à síntese, da síntese à análise. Ou seja: o conhecimento comporta, ao mesmo tempo, separação e ligação, análise e síntese. (Morin, 2008, p.24)

Algumas pessoas detêm aptidão de contextualização, de integrar os seus conhecimentos, ou seja, as fronteiras entre os conhecimentos são inexistentes. Atualmente, há uma procura em interligar conteúdos que se referem a uma determinada ciência e se relacionam, pois, a origem é comum para estas e se distinguem por características individuais.

Várias indagações são provocadas de acordo com o ambiente em que o indivíduo está inserido e aos questionamentos que surgem resulta em uma procura constante de informações que satisfaçam as dúvidas. Tal procura provoca no indivíduo conhecimento, que pode ou não influenciar a moral daquele que o detém. Quando se busca conhecimento, uma grande dificuldade é impor um limite do ambiente externo para que o saber seja proveniente de um indivíduo e sua capacitação e não de escolhas de uma maioria. A partir do momento em que o indivíduo constrói, conseqüentemente, há um sujeito para esse saber que derivou do interesse em conhecer.

A sociedade procura sempre dar nomes e definições para tudo que existe e até mesmo o que se revela de forma abstrata. Essa característica de definição faz seguir uma linha de raciocínio, com analogias e imaginações, até mesmo por aquilo que ainda está a ser descoberto e está sendo questionado.

O momento histórico social permite que vários sujeitos produzam conhecimentos embasados pelo período em que as transições acontecem. A busca do conhecer é reação de dúvidas e de ausência sofrida pelo indivíduo, que cria em primeiro instante uma suposta solução baseada em seus domínios. Com uma resposta frágil, de caráter duvidoso, o sentido investigativo é a principal ferramenta para a construção de informações.

O sujeito como agente formador de saberes necessita para tal finalidade não se restringir às suas ideias iniciais, porque sua realidade está em constante transformação, e não é possível impor limites nem fins para esta. Quando se deseja procurar o novo, obrigatoriamente deve-se adequar a essa novidade a importância de acompanhar as transformações sociais. O ato de pesquisar deve se estender além dos métodos científicos, é preciso que o sujeito imagine e, a partir de então, um leque de possibilidades é criado, dando, portanto, um sujeito para o conhecimento.

## **2.4. O PROFESSOR COMO MEDIADOR**

O professor é um importante agente na formação discente. Algumas metodologias aplicadas são puramente técnicas, focadas na quantidade de conteúdos que deve ser apresentado, impostas por fatores que regulamentam o ensino e, portanto, pode limitar a prática docente.

O sistema de ensino precisa ser coerente com o ambiente de ensino, é necessário coerência entre a realidade social e o ambiente escolar. Quanto às habilidades técnicas, estão relacionadas à metodologia de ensino e visam características essenciais para o processo ensino-aprendizagem. Estes componentes essenciais são os específicos caracterizados por domínio de conhecimentos para produzir os próximos, pedagógicos, marcado pela interação no processo do conhecimento e antropológicos embasados nos conhecimentos e fundamentos das relações sociais. Para Morin,

Um tal pensamento torna-se inevitavelmente, um pensamento do complexo, pois não basta inscrever todas as coisas ou acontecimentos em um “quadro” ou uma “perspectiva”. Trata-se de procurar sempre as relações e inter-retro-relações entre cada fenômeno com seu contexto, as relações de reciprocidade todo/partes: como uma modificação local repercute sobre o todo e como uma modificação do todo repercute sobre as partes. Trata-se ao mesmo tempo, de reconhecer a unidade dentro do diverso, o diverso dentro da unidade; de reconhecer, por exemplo, a unidade humana em meio às diversidades individuais e culturais em meio à unidade humana. Enfim, um pensamento unificador abre-se de si mesmo para o contexto dos contextos: o contexto planetário. Para seguir por esse caminho, o problema não é bem abrir as fronteiras entre as disciplinas, mas transformar o que gera essas fronteiras: os princípios organizadores do conhecimento. (Morin, 2008, p.25)

O currículo do bom educador precisa de qualidades e competências associadas à aplicação do método científico; é necessário ter criatividade e participação ativa, a fim de possibilitar a criticidade embasada no conhecimento dos relacionamentos socioculturais. Para que haja uma boa prática pedagógica, é necessário que um projeto seja bem desenvolvido. O projeto surge de uma ideia e as ações oriundas deste produzem uma prática, que principalmente, possibilite trabalho em equipe entre os educandos.

As atividades desenvolvidas por todas as pessoas podem ser avaliadas. Porém, em grande parte, apenas através de comparação ou de análises baseadas em padrões previamente impostos. Todavia, diante da necessidade de melhorias no ambiente educacional, a avaliação deve ser fundamentada de modo a garantir a melhoria no processo. É um dos pontos de reflexão para análise do desenvolvimento docente e com objetivo de melhorar a aprendizagem dos alunos.

Para Luckesi (2005, p.19), “a prática do exame, devido a operar com os recursos de aprovação/reprovação, obrigatoriamente conduz à política de reprovação, que tem se manifestado com o mais consistente alibi para o fracasso escolar”. Assim, a avaliação precisa ser inclusiva, dinâmica, democrática, sendo um acompanhamento do aluno no seu processo de aprendizagem. Através dos resultados, o avaliador deve procurar melhorias para o sucesso no ensino. Em geral, os testes aplicados em sala de aula servem apenas para aprovar ou reprovar o aluno. Muito pouco se tem feito para a partir destes buscar estratégias de ensino.

O processo de avaliação está ligado diretamente ao que o professor considera como avaliação da aprendizagem e varia de acordo com as concepções de seus elaboradores. A constante busca por metodologias de aprendizagem mais eficientes fizeram com que os métodos de avaliação permanecessem os mesmos desde o ensino tradicional. Portanto, o professor tem um papel importante, que é possibilitar que o aluno reconstrua o seu conhecimento no seu processo de formação, como afirma Demo (2004, p.24), “é função precípua do professor cuidar da aprendizagem do aluno, com afinco, dedicação, continuidade e persistência”.

A avaliação além de diagnosticar falhas e sucessos no ensino, deve servir de base e referência para identificação dos níveis dos educandos e dos professores. Esse estudo levará benefícios aos estudos e direciona qual deve ser o aprofundamento pertinente. As características dos alunos devem ser consideradas no planejamento e execução de ações pedagógicas. Para Luckesi (2005, p.33) “Na avaliação nós não precisamos julgar, necessitamos isto sim, de diagnosticar, tendo em vista encontrar soluções mais adequadas e mais satisfatórias para os impasses e dificuldades”.

Acolher a realidade do aluno faz parte do avaliador e não é objeto de avaliação, como afirma Luckesi,

Essa é uma prática que exige de cada um de nós educadores: vínculo com a profissão, formação adequada e consistente, compromisso permanente com a educação, atenção plena e cuidadosa com todas as nossas intervenções, a flexibilidade no relacionamento com os educandos. (Luckesi, 2005, p. 34)

Com relação ao ensino de Física, considerado pela maioria dos alunos como sendo uma disciplina complexa, desde o domínio matemático quanto aos saberes científicos, é necessário que as formas de abordagem sobre os seus tópicos sejam diversificadas, que a maneira de avaliar os alunos consiga destacar sua evolução no conhecimento e sirva de reflexão para o sucesso no processo ensino-aprendizagem. Não existe uma receita de sucesso para a educação, porém, fazer do educando agente de suas assimilações fortalece o ambiente educacional.

## **2.5. O LIXO ELETRÔNICO NO DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS**

O desenvolvimento de experimentos na escola representa um suporte ao professor para o sucesso de suas ações. Há tempos, metodologias surgem e são aplicadas com base nas ideias de pesquisadores, filósofos e pedagogos. Para Gaspar (2014), porém,

Não é difícil concluir que, depois de anos de pesquisa buscando compreender quais eram os obstáculos que impediam os alunos de aprender (e desenvolvendo com eles, sem sucesso, práticas pedagógicas com o objetivo de levá-los à mudança conceitual), os educadores da ciência praticamente voltaram ao ponto de partida, o mesmo dos tempos da Guerra Fria: a aprendizagem continuou a ser responsabilidade do aluno, que deveria construir seu próprio conhecimento a partir de sua interação com o material a ele apresentado, em conjunto com seus colegas e, eventualmente, com o auxílio do professor. (Gaspar, 2014, p. 78)

De fato, as escolas públicas em sua maioria raramente ou nunca colocam a disposição materiais para o desenvolvimento de atividades experimentais. Observa-se, também, que os alunos mantêm atualizados no quesito de aparelhos digitais cada vez mais avançados, e seguem basicamente cada atualização de um novo modelo. Aparelhos eletrônicos não são associados ao nível socioeconômico da população. Percebe-se que em todas as casas, por exemplo, há televisores e utensílios eletroeletrônicos que auxiliam as tarefas diárias, como liquidificadores, rádios, ventiladores, computadores, entre muitos aparelhos.

Consumidores são motivados pela mídia que os instiga a comprar novos aparelhos, mesmo tendo um em perfeito funcionamento. Na realidade, essas ações favorecem um aumento progressivo na produção de lixo eletrônico (como monitores, baterias, motores elétricos, impressoras, celulares, carregadores) e muitas vezes não se sabe ao menos como deve ser feito o descarte correto desses materiais.

A situação atual do meio ambiente é preocupante diante das várias formas de degradação e poluição. Além de desmatamento e queimadas, há um grande lançamento de materiais tóxicos e altamente poluentes, como é o caso do lixo eletrônico. Os seus

componentes possuem quantidades de metais pesados que são altamente nocivos à saúde humana e animal. Além disso, podem ter sua contaminação ampliada pelas correntes de água através da chuva ou pelo contato ao lençol freático, quando, por exemplo, são descartados no lixo comum.

O uso de materiais caracterizados como lixo eletrônico na escola possibilita ao aluno, além de poder extrair componentes que estão em perfeito funcionamento nos aparelhos que não são mais utilizados, desenvolve também uma conscientização de preservação, se interessa pelo estudo da composição química e os efeitos biológicos que podem acarretar no contato ou ingestão das substâncias.

A Física contida no lixo eletrônico, que justifica o funcionamento dos aparelhos, pode ser trabalhada com abordagem de toda a base do eletromagnetismo. Tópicos que envolvem a eletrodinâmica e eletrostática podem ser verificados em placas de circuitos integrados, cujos componentes são facilmente identificados. Compreender o que são condutores, isolantes, potencial elétrico, corrente elétrica, capacitores, resistores ou as diversas formas de associação de componentes, permite que o aluno se sinta mais adepto ao conteúdo e desempenhe ações para que favoreçam a construção de seus conhecimentos.

De acordo com o que foi discutido acima, a utilização de componentes do lixo eletrônico constitui numa grande fonte de matéria prima para os experimentos e auxilia no combate ao descarte inadequado de substâncias tóxicas, que podem gerar problemas fisiológicos e ambientais irreversíveis.

## **CAPÍTULO 3**

### **REGISTROS DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS**

As atividades desenvolvidas seguiram um planejamento anual, no primeiro semestre do ano letivo, os tópicos de Física foram trabalhados de modo expositivo, com atividades em grupo que abordaram assuntos diversos, inclusive o lixo eletrônico. No segundo semestre do ano letivo, deu-se início as apresentações dos alunos sobre os danos que são provocados pelo lixo eletrônico quando descartados de modo inadequado, as políticas que regulamentam o setor de produção tecnológica e quais as principais ações que são realizadas para reaproveitamento desse tipo de resíduo.

Com foco em permitir o máximo de interação por parte dos alunos no desenvolvimento do trabalho, estes foram responsáveis pela obtenção e manuseio dos materiais necessários para a realização das atividades, que tiveram como orientação o Produto Educacional disponível no Apêndice B. A classe foi dividida em quatro equipes com números aproximados de integrantes, cada equipe responsável pela realização de três atividades, que foram realizadas num período aproximado de dois meses, até a data da concomitância do projeto.

Foi valorizado nessa atividade não o cumprimento de todos os procedimentos de cada experimento, mas as discussões referentes aos fenômenos observados, assim, diferentes atividades foram realizadas por diferentes equipes, com intuito de verificar como a interação entre grupos com abordagens distintas é possível de fortalecer a construção do conhecimento apenas do envolvimento entre os discentes. A Figura 3.1 mostra os alunos durante a realização das avaliações diagnósticas.



Figura 3.1. Alunos realizando avaliação diagnóstica.  
Fonte: Acervo Pessoal

Antes da realização das atividades experimentais, os alunos fizeram uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, com apresentação oral, de cartaz e audiovisual para toda a classe. Nesse trabalho, foi abordado desde a definição do que é o lixo eletrônico, dos impactos ambientais gerados pelo descarte incorreto desses materiais, até os danos causados pelos elementos químicos constantes em cada componente eletrônico. Algumas das apresentações realizadas pelos alunos estão registradas nas Figuras 3.2, 3.3 e 3.4.



Figura 3.2. Apresentação de vídeo sobre o lixo eletrônico.  
Fonte: Acervo Pessoal

Em todas as apresentações, os grupos mostraram interesse com relação ao tema, responderam alguns questionamentos dos colegas e destacaram a importância da conscientização de todos para dar um fim correto aos materiais eletrônicos.



Figura 3.3. Grupo apresenta cartaz sobre lixo eletrônico

Fonte: Acervo Pessoal

O Grupo apresentou e discutiu sobre um documentário que mostrava a iniciativa de algumas empresas na reciclagem do lixo eletrônico, com extração de minerais como o Ouro, o Silício e o Cobre e na transformação dos polímeros em brinquedos ou bancos de praça, conforme Figura 3.4.



Figura 3.4. Alunos discutem sobre o lixo eletrônico

Fonte: Acervo Pessoal

Uma das atividades propostas aos alunos foi a de determinar o valor da resistência de resistores usando o código de cores. Para isso, foi solicitado aos alunos que levassem à escola aparelhos danificados e sem reaproveitamento. A Figura 3.5 mostra os alunos discutindo sobre os valores das resistências dos resistores e como determina-las levando em consideração a faixa de tolerância.



Figura 3.5. Alunos realizando atividade sobre resistores.  
Fonte: Acervo Pessoal

Uma das ações que mais chamaram atenção por parte dos alunos foi o incentivo no desenvolvimento de atividades que resultaram apenas com o uso de matéria prima proveniente de descartes. A Figura 3.6 mostra um brinquedo constituído de gesso para laje, fio condutor rígido, mouse com defeito, alto falante e carregador de celular. Os educandos apresentaram a construção para os demais colegas na hora do intervalo, proporcionando um momento de descontração para todos.



Figura 3.6. Exposição de um brinquedo feito pelos alunos.  
Fonte: Acervo Pessoal

Com a utilização de uma placa de simulação, um dos alunos confeccionou um interruptor por palmas em sua maioria com componentes provenientes de sucatas eletrônicas. Nesse caso, o aluno sentiu-se motivado pelas atividades experimentais e resolveu criar esse dispositivo e apresenta-lo aos demais colegas da classe (Figura 3.7).

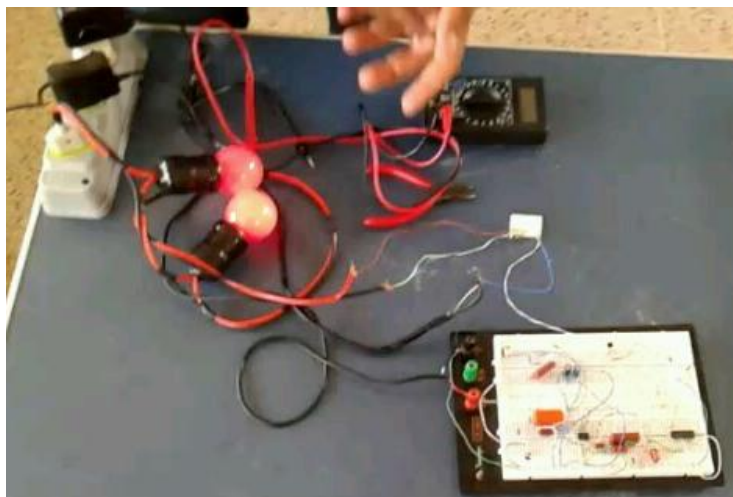


Figura 3.7. Construção de aparelho interruptor por palmas com resíduos eletrônicos.  
Fonte: Acervo Pessoal

Como parte do cronograma de atividades, foi proposto aos alunos que diferenciassem materiais isolantes de materiais condutores. A Figura 3.8 mostra uma aluna associando em série ao circuito um pedaço de papel alumínio, com intuito de provocar ou não um brilho da lâmpada que permitia a diferenciação de materiais dielétricos e condutores.



Figura 3.8. Alunos diferenciam materiais isolantes de materiais condutores.  
Fonte: Acervo Pessoal

Os alunos também construíram uma placa de simulação, como mostrado na Figura 3.9, que possibilita a determinação de várias grandezas físicas de um circuito, tais como: associação de fontes de tensão, associação de resistores e de capacitores.

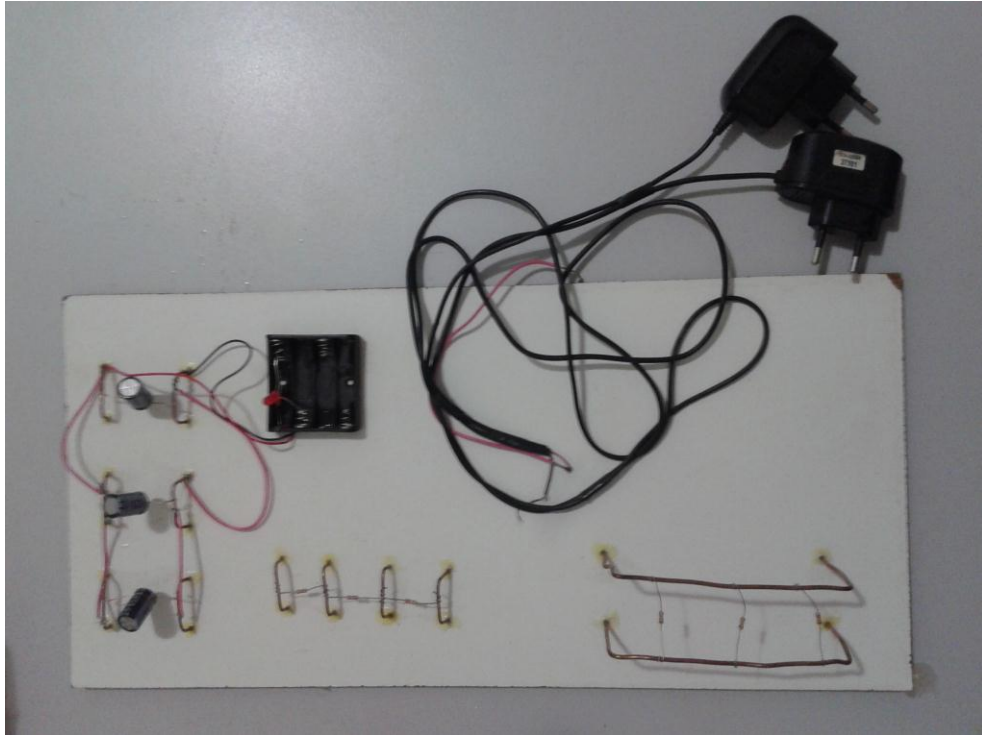


Figura 3.9. Placa de Simulação para o estudo de resistores e capacitores, em série e paralelo.  
Fonte: Acervo Pessoal

## CAPÍTULO 4

### ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos pelos alunos, referentes às atividades desenvolvidas pelos mesmos em sala de aula, são apresentados no presente capítulo. Para efeito de comparação entre a compreensão dos alunos referentes aos temas trabalhados, foram aplicadas duas avaliações diagnósticas, com questões dissertativas no qual 22 alunos foram avaliados, conforme registradas no Apêndice B, a primeira avaliação, aplicada antes do desenvolvimento das atividades, foi realizada no início do segundo semestre letivo, no qual os tópicos de Física abordados na avaliação foram apenas expostos e discutidos, denominada de Avaliação Diagnóstica 1, precedeu as atividades experimentais. A Avaliação Diagnóstica 2, realizada após os experimentos, teve como finalidade mensurar a capacidade de absorção e interpretação dos conceitos Físicos verificados nos experimentos, por meio da interação entre os discentes, na organização das práticas experimentais.

A análise dos resultados obtidos através das avaliações é apresentada nas Figuras 4.1 a 4.10, referentes às questões de 1 a 7 também são mostradas algumas respostas esperadas que foram registradas pelos alunos, em seguida é feito um breve comentário a respeito de cada resultado.

Questão 1. O que significa dizer que um corpo está eletricamente neutro?

*Que ele possui o mesmo número de prótons e elétrons.*

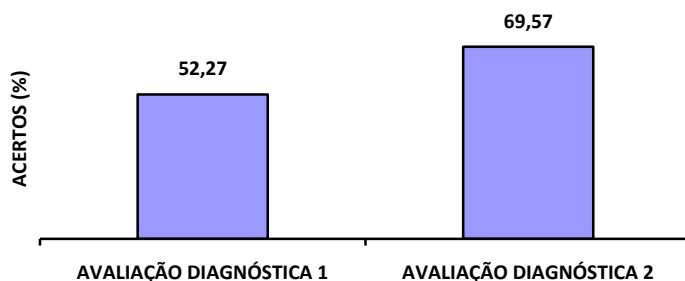


Figura 4.1. Porcentagem de acertos - Questão 1.

Em análise as respostas dadas pelos alunos, as maiores dúvidas se referem a não interpretação de que a carga elétrica é uma propriedade intrínseca da matéria, em associar carga elétrica somente quando os corpos estão carregados.

Questão 2. Duas esferas condutoras idênticas que estavam inicialmente carregadas com cargas de mesma intensidade, porém, de sinais contrários são colocadas em contato. Determine:  
A) a carga das esferas após o contato. Justifique.

*As esferas se neutralizam. Pois quando colocadas em contato a carga resultante é nula.*

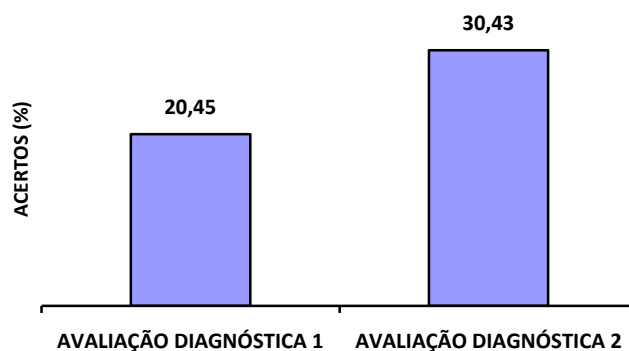


Figura 4.2. Porcentagem de acertos - Questão 2, letra (A).

B) houve fluxo de cargas da esfera positiva para a negativa ou da esfera negativa para a positiva?

*da esfera negativa para a positiva, são os elétrons que se movimentam.*

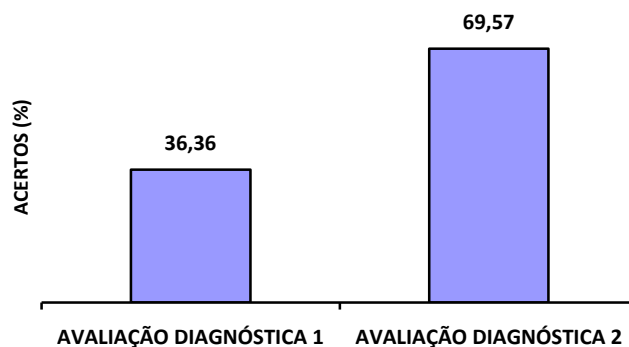


Figura 4.3. Porcentagem de acertos - Questão 2, letra (B)

A questão dois revelou por parte dos alunos dificuldades em analisar conservação de cargas e principalmente a quantização das mesmas, no sentido das cargas negativas e positivas possuírem o mesmo módulo. Além da compreensão de que nos meios sólidos, os portadores de cargas responsáveis pela condução são os elétrons.

Questão 3. No lançamento de carga elétrica positiva numa região de campo magnético uniforme, quais são os comportamentos das cargas quando lançadas:

A) Paralelamente às linhas de indução magnética.

*movimento retilíneo uniforme*

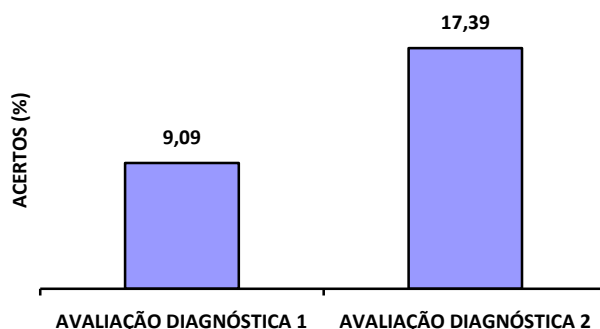


Figura 4.4. Porcentagem de acertos - Questão 3, letra (A)

B) Perpendicularmente às linhas de indução magnética.

*movimento circular uniforme*

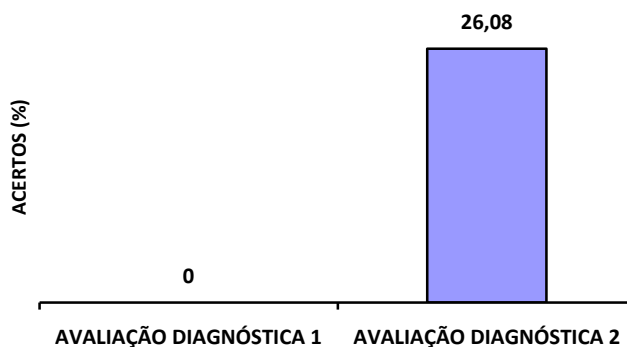


Figura 4.5. Porcentagem de acertos - Questão 3, letra (B)

Esta questão teve por finalidade verificar a interpretação dos alunos com relação ao princípio de funcionamento de alguns aparelhos que favorecem o estudo da Física Moderna, tal como o Acelerador de Partículas. Notou-se uma dificuldade em compreender simultaneamente os fenômenos elétricos e magnéticos, bem como o comportamento de cargas elétricas submetidas a diferentes campos.

Questão 4. Dada as associações de resistores a seguir, determine a resistência equivalente em cada associação:

A)

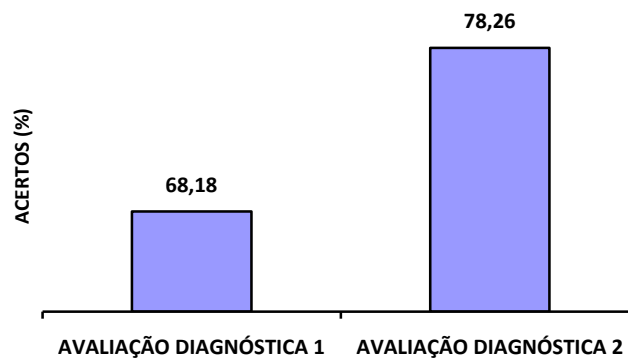
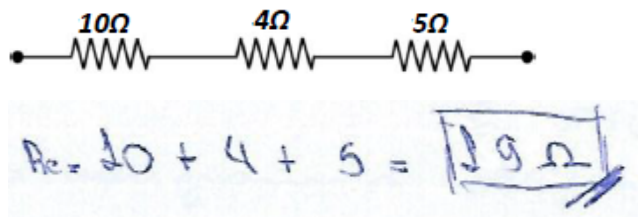
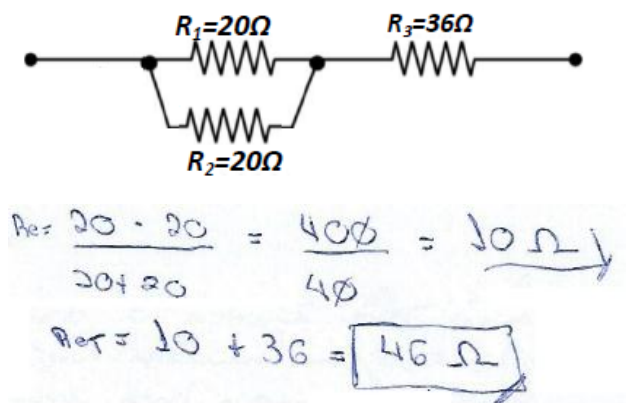


Figura 4.6. Porcentagem de acertos - Questão 4, letra (A).

B)



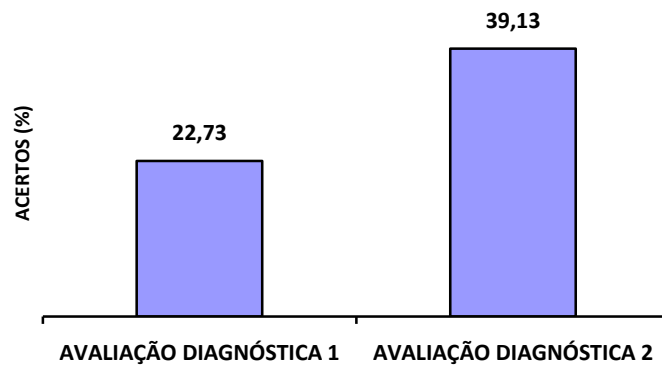
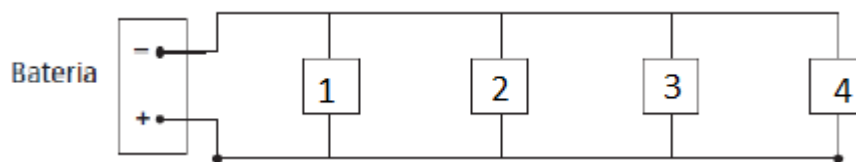


Figura 4.7. Porcentagem de acertos - Questão 4, letra (B).

Os maiores erros verificados na associação de resistores foi a não diferenciação entre circuitos em série e em paralelo, em não compreender que a existência de um nó no circuito permite que a corrente elétrica percorra outro ramo, de modo que todos os circuitos foram resolvidos da mesma maneira, com a soma algébrica dos resistores.

Questão 5. O esquema a seguir mostra como é feita a associação de quatro lâmpadas ligadas em paralelo e alimentadas por uma fonte de tensão contínua.



O que acontece com as demais lâmpadas do circuito se uma das lâmpadas se queimar?

*Continuam funcionando, pois uma lâmpada queima não interfere na passagem de eletricidade para as demais lâmpadas.*

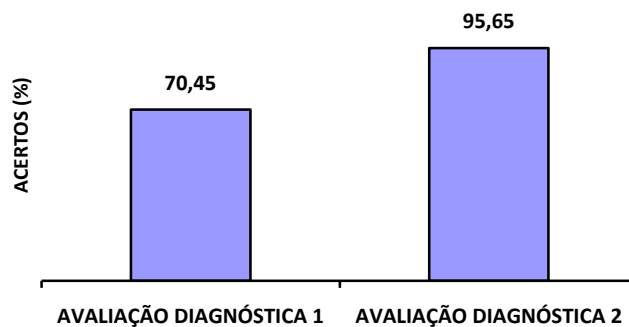
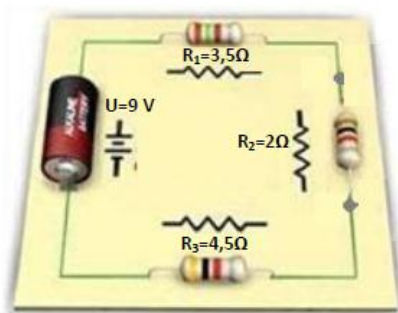


Figura 4.8. Porcentagem de acertos - Questão 5.

Tal questão obteve a melhor porcentagem de acertos entre as demais, fato verificado por se tratar de um evento comum ao cotidiano, tais alunos conseguiram associar o questionamento com suas experiências diárias.

Questão 6. A figura a seguir mostra uma associação de três resistores em série alimentados por uma fonte de tensão de 9V. Qual o valor da corrente elétrica que flui no circuito?



$$R_{total} = 3,5 + 2 + 4,5 = 10 \Omega$$

$$i = \frac{V}{R} = \frac{9}{10} = 0,9 \text{ A}$$

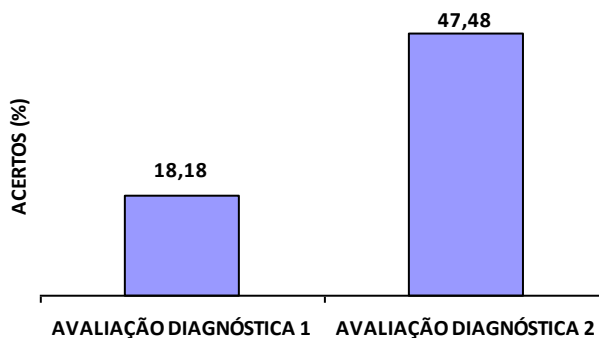
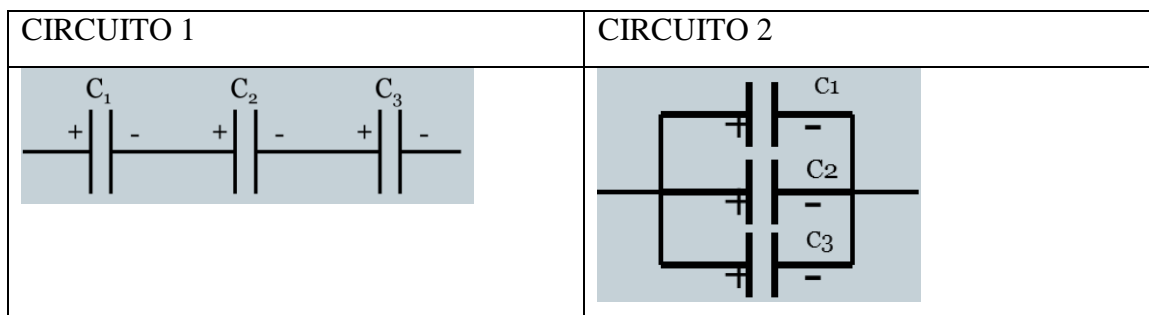


Figura 4.9. Porcentagem de acertos - Questão 6.

Nesta questão foi verificado que os alunos tiveram dificuldade em diferenciar os componentes e sua simbologia, fato que poderia ter sido evitado com separação entre a montagem real do circuito e a sua respectiva representação esquemática.

Questão 7. Deseja-se associar capacitores com a finalidade de obter a maior capacitância. Considerando que nas seguintes associações foram utilizados capacitores idênticos, analise os circuitos.



Responda:

Qual dos circuitos pode armazenar uma maior carga? Justifique.

Circuito II  
 Por que ele tem uma maior capacitância.

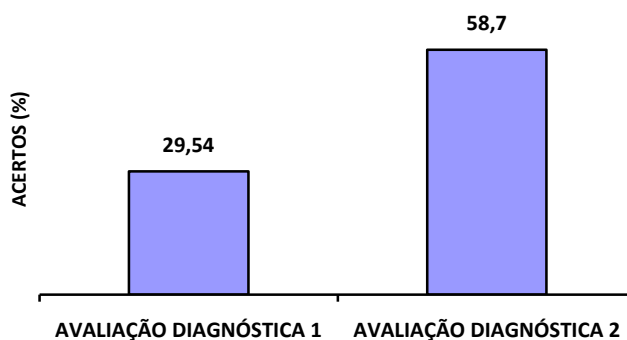


Figura 4.10. Porcentagem de acertos - Questão 7.

No que diz respeito à associação de resistores, pelo fato das associações em série e em paralelo serem análogas as dos resistores, porém, inversas para as associações, as respostas indicaram conflitos em diferenciar os dois componentes eletrônicos.

Além das questões aplicadas para comparação da absorção de conteúdo por parte dos alunos, antes e depois do desenvolvimento dos experimentos, eles também foram questionados acerca do lixo eletrônico. De modo geral, as atividades proporcionaram um maior domínio crítico sobre os temas trabalhados, como pode ser verificado nas respostas seguintes, dadas pelos alunos:

8) Dê sua opinião sobre: “Como o uso de lixo eletrônico pode auxiliar no desenvolvimento das aulas de Física”.

Através do estudo do lixo eletrônico, é possível trazer para a prática aquilo que nos é ensinado na teoria, como por exemplo, estudo de resistores e capacitores, sua função e aplicação no dia-a-dia, trazendo uma maior fixação da matéria.

9) Para você, assuntos relacionados ao “LIXO ELETRÔNICO” podem ser abordados em outras disciplinas como Biologia e Química? Comente.

Sim, pois esse estudo envolve outros ramos além da Física, como por exemplo, seus componentes químicos e os impactos que eles causam, nos dando até mesmo uma consciência melhor sobre o descarte correto desses elementos.

De acordo com os resultados obtidos, conforme mostram as Figuras 4.1 a 4.10 e respostas das questões 8 e 9, pode-se verificar por parte dos alunos uma melhora na capacidade de interpretação e na construção do conhecimento. Os experimentos auxiliam no desenvolvimento do educando, principalmente por permitir a associação dos conteúdos trabalhados em sala de aula com o princípio de funcionamento de aparelhos eletrônicos.

## **CAPÍTULO 5**

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A realização desse trabalho culminou no desenvolvimento de um caderno de atividades experimentais juntamente com os alunos, tendo como matéria-prima principal componentes eletrônicos de equipamentos classificados como lixo eletrônico e, também, um material de apoio contendo apenas as partes teóricas de vários tópicos físicos, a fim de facilitar a absorção do conhecimento pelo aluno e proporcionar ao professor mais um recurso no desempenho de sua função.

De acordo com o trabalho desenvolvido, foi possível verificar uma melhor interpretação dos conceitos físicos por parte dos alunos, os quais desempenharam grande interesse e entusiasmo em cada etapa da atividade, deixando de ser apenas receptores de informação e tornando seres ativos no processo de ensino e aprendizagem. Os resultados obtidos nas avaliações diagnósticas e, principalmente, das discussões presenciadas em cada grupo, mostraram que o ensino de Física deve ser complementado com experimentos. Desta forma, as aulas na disciplina de Física se tornam mais atraentes, e cada tópico abordado em sala mais realista na visão do aluno, favorecendo o seu sucesso na aprendizagem.

As atividades fortaleceram tanto a aprendizagem dos conceitos físicos, como também na formação do aluno como indivíduo. Nos trabalhos em grupo, ficou evidente o destaque das lideranças na organização dos experimentos, a cooperação entre os membros de cada grupo, as discussões que sempre resultavam no consenso de opiniões, fatores que são fundamentais para cada integrante da sociedade.

O tema lixo eletrônico superou as expectativas, pois os alunos têm algum conhecimento sobre o assunto e conseguiram associar facilmente com outras disciplinas como Biologia e Química. Uma das sugestões dos educandos que chamou mais atenção e que, infelizmente, não foi possível realizar/concretizar por causa do tempo semanal disponível, foi a de fazer um informativo para a população com destaque aos males que os elementos químicos presentes nos componentes eletrônicos podem gerar a saúde humana e promover uma coleta de resíduos eletrônicos nas residências.

O planejamento de atividades de caráter experimental deve fazer parte constante da atividade docente, e não se limitar a indisponibilidade de recursos materiais ou físicos da

instituição. Além de agregar valores às aulas, a atividade experimental resulta em uma motivação pessoal na certeza que o ensino pode ser melhor.

Com relação ao material, observou-se que para sua melhoria torna-se necessário constantes atualizações que levem em consideração as opiniões dos alunos e a linguagem adotada. Para uma aprendizagem significativa por parte dos alunos, a sugestão é que os experimentos sejam desenvolvidos paralelamente a cada tópico, para melhores resultados aqui registrados. Devido às atividades experimentais terem sido trabalhadas já no final do ano letivo, aconteceu paralelamente a esse projeto atividades extraclases que interferiram no tempo de execução dos experimentos.

Neste trabalho, tanto a fundamentação teórica quanto os experimentos desenvolvidos foram direcionados aos tópicos de eletricidade e magnetismo, que são predominantes no terceiro ano do Ensino Médio. Uma sequência dessa ação seria a utilização de materiais também disponíveis no lixo eletrônico para a construção de experimentos para outras séries.

Almeja-se que este trabalho possa ter provocado a busca do conhecimento científico, para que alunos e professores possam, além da parte Física, se preocuparem com o meio ambiente e como o estamos deixando para as gerações futuras. Que outras metodologias possam dinamizar o ensino de Física, possibilitando aos alunos contemplarem os fenômenos físicos além da sala de aula e que o sucesso no ensino seja alcançado com ajuda de atividades que tornem o aluno ativo no ambiente educacional.

Com base na ideia que a atividade experimental pode ser comparada a uma aula totalmente expositiva de acordo com sua abordagem, uma das preocupações na realização desse trabalho foi a de dar maior liberdade aos alunos, na busca por matéria-prima e na discussão dos resultados. Em outras palavras, a participação dos alunos na procura da matéria-prima, desenvolvimento das atividades e discussão dos resultados foi de fundamental importância na realização desse trabalho.

As avaliações diagnósticas aplicadas aos alunos mostraram que nenhuma das perguntas estava diretamente ligada com as respostas dos questionamentos, disponível em cada atividade experimental, e sim aos conceitos físicos envolvidos em cada uma delas. Os resultados mostraram que houve um aumento na interpretação dos conceitos físicos e na capacidade de analisar os eventos ocorridos.

Diante de todas as dificuldades que os docentes encontram no desempenho de sua função, aprimorar as aulas e procurar maneiras de desenvolver o senso crítico e o conhecimento científico do aluno é um dever de cada educador.

## APÊNDICE A

### AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA

#### AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA

NOME: \_\_\_\_\_

1) O que significa dizer que um corpo está eletricamente neutro?

---

---

2) Duas esferas condutoras idênticas que estavam inicialmente carregadas com cargas de mesma intensidade, porém, de sinais contrários são colocadas em contato. Determine:

A) a carga das esferas após o contato. Justifique.

---

B) houve fluxo de cargas da esfera positiva para a negativa ou da esfera negativa para a positiva? \_\_\_\_\_

3) No lançamento de carga elétrica positiva numa região de campo magnético uniforme, quais são os comportamentos das cargas quando lançadas:

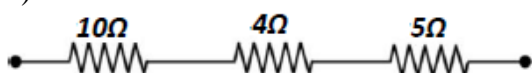
A) Paralelamente às linhas de indução magnética.

B) Perpendicularmente às linhas de indução magnética.

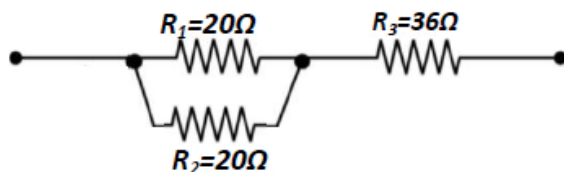
---

4) Dada as associações de resistores a seguir, determine a resistência equivalente em cada associação:

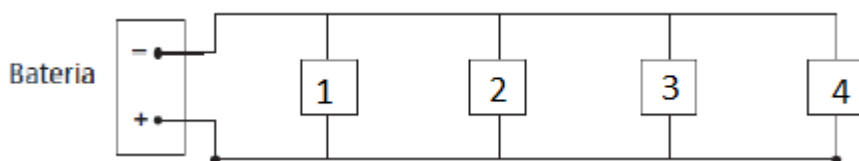
A)



B)



5) O esquema a seguir mostra como é feita a associação de quatro lâmpadas ligadas em paralelo e alimentadas por uma fonte de tensão contínua.

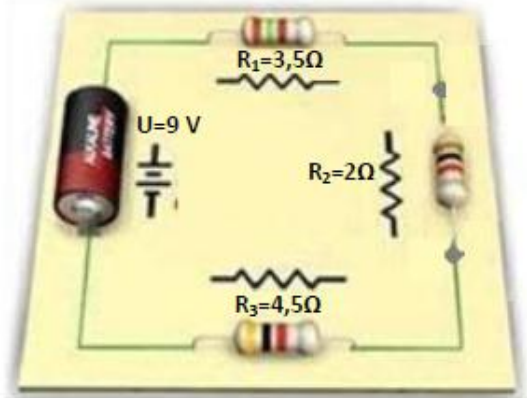


O que acontece com as demais lâmpadas do circuito se uma das lâmpadas se queimar?

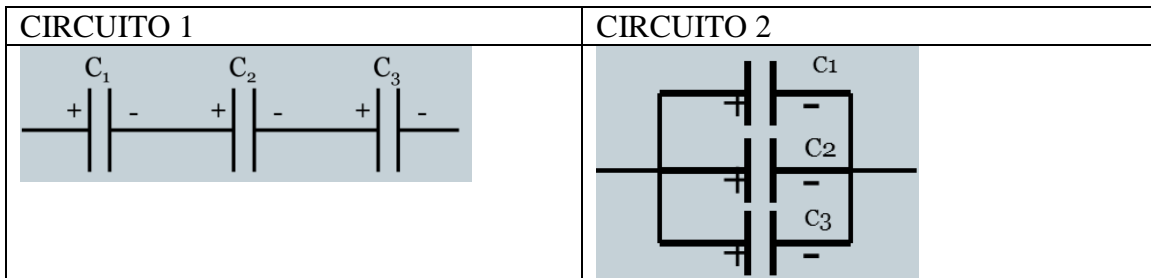
---

---

6) A figura a seguir mostra uma associação de três resistores em série alimentados por uma fonte de tensão de 9V. Qual o valor da corrente elétrica que flui no circuito?



7) Deseja-se associar capacitores com a finalidade de obter a maior capacitância. Considerando que nas seguintes associações foram utilizados capacitores idênticos, analise os circuitos.



Responda:

Qual dos circuitos pode armazenar uma maior carga? Justifique.

---



---



---

8) Dê sua opinião sobre: “Como o uso de lixo eletrônico pode auxiliar no desenvolvimento das aulas de Física”.

---



---



---



---

9) Para você, assuntos relacionados ao “LIXO ELETRÔNICO” podem ser abordados em outras disciplinas como Biologia e Química? Comente.

---



---



---



---

## **APÊNDICE B**

### **PRODUTO EDUCACIONAL**

#### **O ENSINO DE FÍSICA POR MEIO DE EXPERIMENTOS COM MATERIAIS DO LIXO ELETRÔNICO**

**Rafael Henrique dos Reis Santos**

Produto Educacional associado à Dissertação de Mestrado de Rafael Henrique dos Reis Santos, apresentado ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

**Orientador:**

Professor Dr. Marcionílio Teles de Oliveira Silva

Catalão - GO  
Fevereiro de 2017

## O ENSINO DE FÍSICA POR MEIO DE EXPERIMENTOS COM MATERIAIS DO LIXO ELETRÔNICO

Rafael Henrique dos Reis Santos

Produto educacional desenvolvido juntamente com a Dissertação de Mestrado “O ENSINO DE FÍSICA POR MEIO DE EXPERIMENTOS COM MATERIAIS DO LIXO ELETRÔNICO” de Rafael Henrique dos Reis Santos, pelo Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), na Universidade Federal de Goiás (UFG) - Regional Catalão, sob orientação do Prof. Dr. Marcionílio Teles de Oliveira Silva.

## CAPÍTULO 1

### CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS

Este material é direcionado aos alunos do terceiro ano do Ensino Médio e foi elaborado visando uma simples abordagem dos principais tópicos planejados para esta série, como complemento ao conteúdo apresentado pelo professor. O material possui uma linguagem acessível aos educandos a fim de fortalecer a construção de um conceito físico. Os temas abordados contemplam desde cargas elétricas às propriedades magnéticas.

### CARGA ELÉTRICA<sup>1</sup>

Os primeiros registros sobre eletricidade datam a partir do século VI a.C. com Tales de Mileto ao atritar um pedaço de âmbar (resina vegetal proveniente das árvores que funciona como uma barreira natural de proteção que a protege de insetos e bactérias, e ao decorrer do tempo perde água e ar de seu interior) com pele de animal e verificar a interação desse objeto com outros materiais. Porém, a compreensão do fenômeno só ficou mais bem entendido com a evolução dos modelos atômicos entre os séculos XIX e XX, com o surgimento das partículas elementares constituintes da matéria.

Rutherford apresentou no século XX um modelo atômico que foi aperfeiçoado por Bohr. Nesse modelo, o átomo é formado por prótons e nêutrons, formando o núcleo atômico e elétrons girando ao redor do núcleo numa região denominada eletrosfera, semelhante aos planetas ao redor do Sol, ficando conhecido como sistema planetário como representado na Figura 1.1.

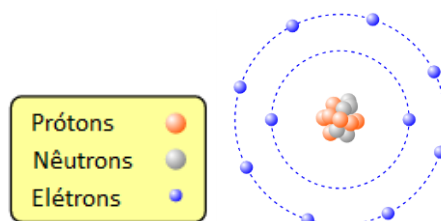


Figura 1.1. Estrutura atômica.

O elétron foi descoberto por Thomson em 1887. Em 1919, Rutherford identificou os prótons e o nêutron por Chadwick em 1932. Experimentalmente, verificaram que prótons e elétrons possuíam comportamentos opostos. Por convenção, os elétrons foram considerados

---

<sup>1</sup> Nota: a carga elementar ( $e$ ) é a carga do elétron, porém, sabe-se que as cargas dos quarks são frações da carga elementar. O motivo pelo qual não é utilizado as cargas dos quarks como elementares é devido ao fato de não existirem isoladamente por muito tempo, as suas combinações resultam, por exemplo, em nêutrons ( $udd$ ) e prótons ( $uud$ ), onde  $u=2e/3$  e  $d=-e/3$ .

como portadores de cargas negativas, os prótons com cargas positivas e os nêutrons não possuem cargas elétricas.

Quanto ao próton, ele é 1836 vezes mais pesado que o elétron, as suas cargas elétricas são em módulo iguais e seus valores foram determinados a partir de uma experiência realizada por Robert Andrews Milikan. Coulomb descobriu que a intensidade da força elétrica entre duas cargas é diretamente proporcional ao módulo das cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separam. Os valores das cargas são: Elétron ( $e^-$ ):  $-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  e o próton ( $p^+$ ):  $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

## **CORPO ELETRIZADO E CORPO ELETRICAMENTE NEUTRO**

A matéria independente de seu estado de agregação é formada por átomos. Sabe-se que os átomos são formados por prótons, nêutrons e elétrons. Qualquer desequilíbrio de cargas resulta em um corpo eletrizado. O fato da carga do elétron ser igual à carga do próton em módulo faz com que um corpo eletricamente neutro possua o número de cargas positivas igual ao de cargas negativas. O Quadro 1.1 mostra a relação entre essas cargas quanto ao processo de eletrização.

Quadro 1.1 Tipos de eletrização.

CORPO NEUTRO	→	Nº de prótons = Nº de elétrons
CORPO ELETRIZADO NEGATIVAMENTE	→	Nº de prótons < Nº de elétrons
CORPO ELETRIZADO POSITIVAMENTE	→	Nº de prótons > Nº de elétrons

Fonte: Próprio autor.

A carga total de um corpo é definida pela quantidade de elétrons em excesso ou falta em um corpo em relação a seu estado de neutralidade. Assim, pela quantização da carga:

$$Q = \pm n \cdot e \quad (n \in \mathbb{Z}) \quad (1)$$

onde Q representa a carga total, n é o número de elétrons em desequilíbrio no corpo e e é o módulo da carga elementar de intensidade igual a  $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ .

## **PRINCÍPIOS DA ELETROSTÁTICA**

A eletrostática é baseada em dois princípios, a saber:

i) Princípio da atração e Repulsão: Cargas de mesmo sinal se repelem e de sinais contrários se atraem, como mostra a Figura 1.2.

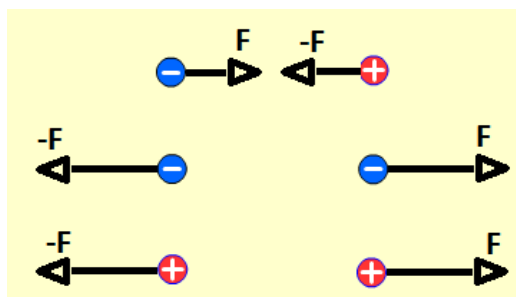


Figura 1.2. Vetores força elétrica.

ii) Princípio de Conservação da Carga: Em um sistema eletricamente isolado, a soma algébrica das cargas elétricas é constante, isto é, a soma das cargas antes do processo de transferência de elétrons é igual a soma das cargas depois da transferência.

$$\sum Q_{antes} = \sum Q_{depois} \quad (2)$$

## ISOLANTES E CONDUTORES

A corrente elétrica  $i$  nos meios sólidos é definida pelo fluxo de elétrons que atravessa a área transversal do condutor por intervalo de tempo:

$$i = \frac{Q}{\Delta t} \quad (3)$$

Cada material possui diferentes comportamentos na condução de cargas elétricas que permite a sua classificação entre condutores e isolantes. Basicamente, pode-se diferenciá-los pela força de atração entre os elétrons do átomo e o núcleo atômico. Assim, se os elétrons de um material estão fortemente ligados ao núcleo atômico, pode-se caracterizá-lo como isolantes, como o ar, papel, madeira seca, borracha, entre outros. Já os materiais condutores, como o ouro, o alumínio ou o cobre, possuem os elétrons fracamente ligados ao núcleo atômico, dando-os o comportamento de elétrons livres.

Existem materiais que possuem um comportamento intermediário entre condutores e isolantes, denominados de semicondutores. Dentre eles, pode-se destacar o Silício e o Germânio que são essenciais na fabricação de componentes eletrônicos para a construção de aparelhos e computadores. São classificados em semicondutores do tipo p (excesso de carga positiva) ou do tipo n (excesso de carga negativa), de acordo com a dopagem verificada.

Mesmo um bom condutor de eletricidade apresenta uma oposição à passagem de cargas elétricas, ou seja, à corrente elétrica. Porém, foi verificado em 1911 pelo físico holandês Heike Kamerlingh Onnes que o Mercúrio quando resfriado a uma temperatura de 4K permitia um fluxo de cargas sem nenhuma resistência, sendo denominado como um material supercondutor.

## RESISTÊNCIA ELÉTRICA

Uma resistência elétrica tem como característica se opor à passagem de cargas elétricas em um condutor, quando este é submetido a uma diferença de potencial elétrico (ddp). Para que haja corrente elétrica num circuito, é necessário que ele seja alimentado por uma fonte de tensão e esteja fechado para permitir o fluxo de cargas elétricas.

De acordo com Ohm, a temperatura altera o fluxo de cargas elétricas em um condutor. Isto ocorre porque quando a temperatura se eleva, há uma maior agitação no estado de vibração dos átomos e como resultado um aumento das colisões dos elétrons com os íons do material. Cada material possui uma resistividade elétrica e pode ser definida por:

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)] \quad (4)$$

onde  $\rho$  é a resistividade final do material,  $\rho_0$  a resistividade medida a temperatura inicial,  $\alpha$  o coeficiente de temperatura e as temperaturas final e inicial representadas, respectivamente, por  $T$  e  $T_0$ . O inverso da resistividade é classificado como condutividade elétrica.

Se um condutor é mantido a uma temperatura constante sobre um condutor, Ohm verificou que a razão da tensão aplicada e a intensidade da corrente elétrica possuía sempre um valor constante, definida como resistência elétrica,  $R$ .

$$\frac{V_1}{i_1} = \frac{V_2}{i_2} = \dots = \frac{V_n}{i_n} = R \quad (5)$$

Considere, então, um condutor de comprimento  $L$ , submetido a uma tensão  $V$  numa região de campo elétrico  $\vec{E}$ . Nesse caso, o módulo do campo elétrico é dado por  $E = V/L$  e a densidade de corrente por  $J = i/A$ , onde  $A$  é a área transversal do resistor. A resistividade do material é dada pela equação vetorial  $\vec{E} = \rho \vec{J}$ . Na forma escalar, é dada por:

$$\rho = \frac{E}{J} \quad (6)$$

pelas equações:

$$\rho = \frac{E}{J} = \frac{V/L}{i/A} \quad (7)$$

então:

$$\rho = \frac{V}{L} \cdot \frac{A}{i} \quad (8)$$

Se  $V/i = R$ , a resistência pode ser calculada por:

$$\rho = \frac{R.A}{L} \text{ ou } R = \frac{\rho.L}{A} \quad (9)$$

A expressão dada pela Equação 9 é conhecida como 2ª Lei de Ohm. Ela permite calcular a resistência em função das características do condutor. A Figura 1.3 (a) representa graficamente o comportamento retilíneo entre a ddp aplicada e a corrente elétrica que caracteriza um resistor ôhmico. Já a Figura 1.3 (b) mostra um exemplo de um resistor não ôhmico por não possui comportamento linear entre corrente e tensão para diferentes medidas.



Figura 1.3. (a) Gráfico da tensão aplicada  $V$  em função da corrente  $i$  para resistores ôhmicos e (b) exemplo de resistor não-ôhmico.

## ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Uma associação de resistores representa vários resistores ligados ao mesmo circuito, podendo ser classificada de três maneiras distintas: série, paralela e mista (série + paralelo). Pode-se determinar a resistência equivalente de um circuito de forma que se substituídos os resistores do circuito pelo resistor equivalente, a intensidade da corrente elétrica que percorre o circuito é a mesma.

Numa associação em série, a corrente elétrica que atravessa os resistores é a mesma e a diferença de potencial do gerador é dividida sobre os resistores da associação. O circuito da Figura 1.4 representa três resistores associados em série e submetidos a uma diferença de potencial  $V$ .

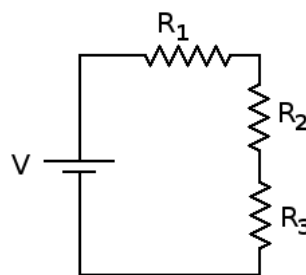


Figura 1.4. Associação de resistores em série.

De acordo com esse tipo de associação,

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \quad (10)$$

De acordo com a lei de Ohm dada por  $V = R \cdot i$ , onde  $V$  é a tensão aplicada ao circuito,  $R$  a resistência elétrica e  $i$  a intensidade da corrente, a tensão total é dada pela soma das tensões em cada resistor pertencente à associação, isto é,

$$R_{eq} \cdot i = R_1 \cdot i_1 + R_2 \cdot i_2 + R_3 \cdot i_3 \quad (11)$$

Como é uma associação em série, a corrente elétrica é a mesma que percorre todos os resistores, isto é:

$$i = i_1 = i_2 = i_3 \quad (12)$$

e, portanto,

$$R_{eq} \cdot i = R_1 \cdot i + R_2 \cdot i + R_3 \cdot i \quad (13)$$

Evidenciando- se a corrente  $i$ :

$$R_{eq} \cdot i = i \cdot (R_1 + R_2 + R_3) \quad (14)$$

De acordo com a Equação 14, a resistência equivalente é dada por:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 \quad (15)$$

Conseqüentemente, a resistência equivalente de uma associação de resistores associados em série é dada pela soma algébrica dos resistores da associação. Destarte, para  $n$  resistores associados em série, a Equação 15 pode ser generalizada da forma:

$$R_{eq} = \sum_{i=1}^n R_i \quad (16)$$

Na associação de resistores em paralelo, todos eles estarão submetidos à mesma diferença de potencial e a corrente total é dada pela soma das correntes em cada ramo do circuito. A Figura 1.5 mostra três resistores associados em paralelo e submetidos a uma tensão  $V$ .

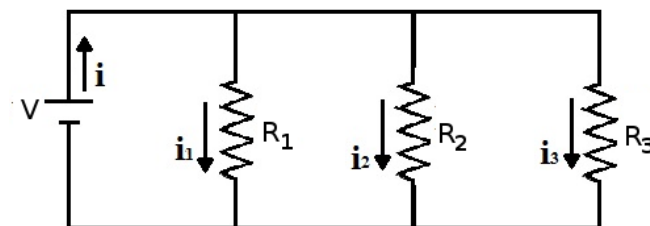


Figura 1.5. Associação de resistores em paralelo.

Em uma associação em paralelo, a diferença de potencial na fonte é a mesma para todos os resistores, isto é,

$$V = V_1 = V_2 = V_3 \quad (17)$$

que, de acordo com a Primeira Lei de Ohm, pode ser reescrita como:

$$R_{eq} \cdot i = R_1 \cdot i_1 = R_2 \cdot i_2 = R_3 \cdot i_3 \quad (18)$$

Como a corrente elétrica total na associação é a soma das correntes em cada ramo:

$$i = i_1 + i_2 + i_3 \quad (19)$$

que, de acordo com a Lei de Ohm, pode ser reescrita como:

$$i = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} = \frac{V}{R_{eq}} \quad (20)$$

De acordo com a Equação 17, a Equação 20 pode ser reescrita como:

$$i = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} = \frac{V}{R_{eq}} \quad (21)$$

a qual, depois de uma simples álgebra:

$$\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right) \cdot V = \frac{V}{R_{eq}} \quad (22)$$

e, portanto, a resistência equivalente de uma associação de resistores em paralelo é dada pela equação:

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_{eq}} \quad (23)$$

De forma geral, para uma associação de n resistores em paralelo, a Equação 23 pode ser generalizada como:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i} \quad (24)$$

Para dois resistores associados em paralelo, o cálculo da resistência equivalente da associação se reduz ao “produto pela soma”, isto é:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (25)$$

Resolvendo o mínimo múltiplo comum (mmc)

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2} \quad (26)$$

e invertendo os dois lados da expressão:

$$\left(\frac{1}{R_{eq}}\right)^{-1} = \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2}\right)^{-1} \quad (27)$$

então:

$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (28)$$

Se o circuito for formado por  $n$  resistores idênticos em paralelo, a resistência equivalente pode ser calculada através da equação:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \dots + \frac{1}{R} \quad (29)$$

ou, de forma mais compacta:

$$R_{eq} = \frac{R}{n} \quad (30)$$

onde  $R$  é o valor do resistor e  $n$  é o número de resistores idênticos em paralelo.

## GERADORES DE ELETRICIDADE

Todo circuito elétrico que é percorrido por corrente elétrica deve ser alimentado por uma fonte de tensão elétrica, conhecido como gerador de eletricidade, o qual possui a função de transformar energia não elétrica em energia elétrica. Por exemplo, as células fotovoltaicas dos painéis solares, os geradores das usinas hidrelétricas, eólicas e termelétricas, pilhas, entre outras.

Para uma fonte de tensão ideal, considera-se que toda a energia proveniente da fonte é aplicada ao circuito. Porém, para um gerador parte da energia de alimentação é dissipada na forma de calor através de sua resistência interna,  $r$ , devido a sua construção. Assim, levar em conta essa energia dissipada resulta em um menor valor de diferença de potencial elétrico sobre os componentes. A Figura 1.6 (a) e 1.6 (b) representa a forma esquemática de fonte ideal e real, respectivamente.

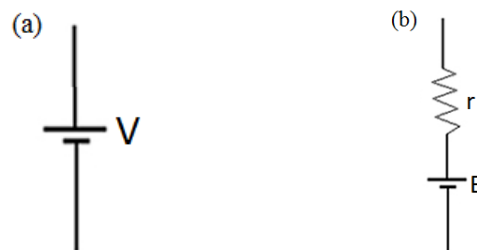


Figura 1.6. (a) Fonte de tensão ideal; (b) Fonte de tensão ideal real.

Para a primeira representação, toda a tensão  $V$  da fonte pode ser aplicada. Na fonte real, a máxima tensão é verificada na força eletromotriz  $E$ , parte é dissipada em  $r$  e o restante pode ser aplicado ao circuito.

Considera-se força eletromotriz (fem) a tensão do gerador de eletricidade. Esta fem pode ser definida de acordo com o tipo associação, sendo estas em série ou paralelo. Uma bateria pode ser obtida resultante de uma associação de pilhas, isto é, ligando pilhas em série com o polo positivo da primeira em contato com o polo negativo da segunda, o polo positivo da segunda em contato com o polo negativo da terceira e assim sucessivamente. O resultado final é uma fem total e uma resistência equivalente dada pela soma algébrica de cada fem e resistência individual. A Figura 1.7 mostra como é feita essa associação.

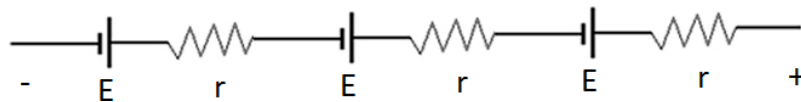


Figura 1.7. Geradores em série.

Outra forma de construção de um gerador é associar pilhas idênticas em paralelo. Nesse tipo de associação, a fem total equivale ao mesmo valor das fem individuais e a resistência é definida como  $R_{eq} = r/n$ . Assim, recomenda-se que na substituição das pilhas, todas sejam trocadas para que não se altere a diferença de potencial. A vantagem desse tipo de associação é a de manter uma durabilidade maior de utilização se comparado ao tempo individual. A Figura 1.8 mostra como deve ser feita a associação em paralelo, com polos iguais interligados.

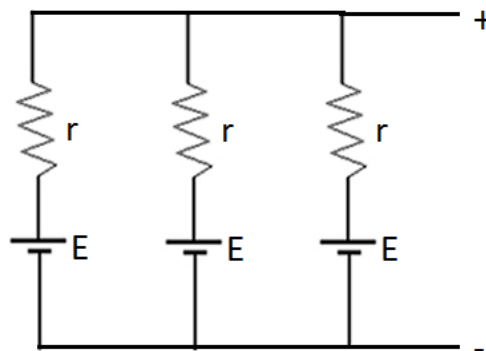


Figura 1.8. Esquema de uma associação em paralelo na formação de um gerador.

A equação de um gerador pode ser obtida através da relação:

$$(\text{Potência Total} = \text{Potência Útil} + \text{Potência Dissipada})$$

$$P_{total} = P_{útil} + P_{dissipada} \quad (31)$$

Levando-se em consideração as expressões de potência para um resistor, é válida a expressão,

$$E.i = V.i + r.i^2 \quad (32)$$

Se para um gerador a corrente que o atravessa é a mesma corrente do circuito, pode-se evidenciá-la como

$$E.i = i.(V + r.i) \quad (33)$$

Simplificando a corrente dos dois lados da expressão,

$$E = V + r.i \quad (34)$$

e isolando V, obtêm-se a equação do gerador, dada por:

$$V = E - r.i \quad (35)$$

Em analogia à função de primeiro grau, observa-se que a expressão é do tipo  $f_{(x)} = a.x + b$ . Nesse caso, o coeficiente linear b é representado pela força eletromotriz E e o coeficiente angular a é a própria resistência interna r do gerador. Na Equação 35, E e r assumem valores constantes para cada gerador. Variando a tensão V, altera-se a intensidade da corrente elétrica i. De acordo com a Equação 35, a Figura 1.9 mostra uma representação gráfica da tensão V em função da corrente elétrica i.

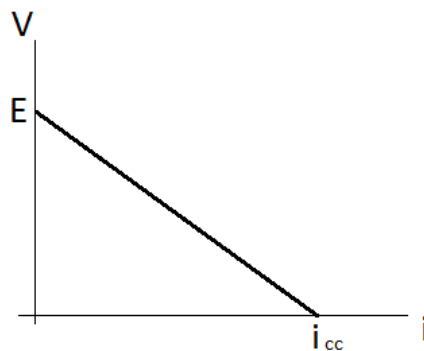


Figura 1.9. Representação gráfica da Equação 35 para um Gerador de eletricidade.

O máximo valor da tensão V é o da força eletromotriz (tensão no gerador) E. Verifica-se que quando o circuito está aberto e não possui corrente elétrica, ou quando é montado um curto-circuito entre os bornes do gerador, por exemplo, ligando um fio condutor sem um consumidor de eletricidade, a diferença de potencial aplicada é nula. Neste caso, a corrente máxima é definida como i<sub>cc</sub>, ou seja, corrente de curto-circuito. Matematicamente:

$$V = E - r.i \quad (36)$$

Se i = 0,

$$V = E \quad (37)$$

Caso seja montado um curto-circuito:

$$V = E - r.i \quad (38)$$

Como  $V=0$ ,

$$0 = E - r.i \quad (39)$$

Assim,

$$r.i = E \quad (40)$$

Isolando a corrente, obtém-se:

$$i_{cc} = \frac{E}{r} \quad (41)$$

Um gerador também pode ser formado por uma associação mista, ou seja, com associações em série e em paralelo. O esquema da Figura 1.10 é um exemplo desse tipo de associação. Verifica-se nesse esquema que há três geradores em série em cada ramo com uma associação de quatro ramos em paralelo.

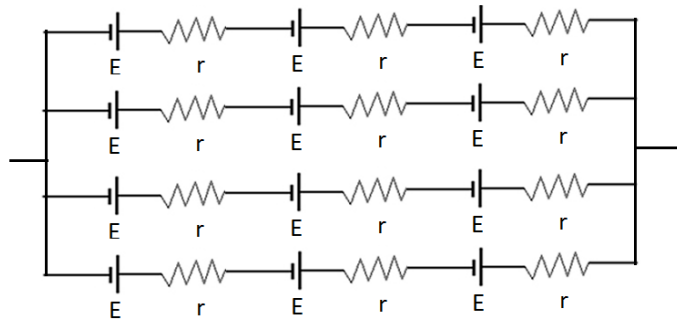


Figura 1.10. Associação mista de geradores.

Para cada ramo, têm-se:

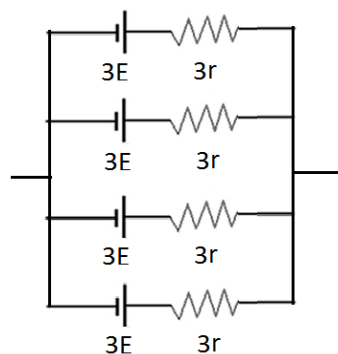


Figura 1.11. Circuito equivalente da figura 1.10.

O gerador equivalente da Figura 1.10 é representado na Figura 1.12.

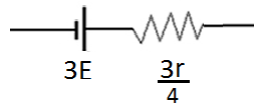


Figura 1.12. Gerador equivalente.

O rendimento ( $\eta$ ) de um gerador, definido pela razão de sua potência útil sobre sua potência total, pode ser determinado pela equação:

$$\eta = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{total}}} = \frac{V.i}{E.i} \quad (42)$$

Simplificando a corrente elétrica na expressão, obtém-se:

$$\eta = \frac{V}{E} \quad (43)$$

De acordo com a Equação 43, o rendimento do gerador é dado pela relação entre a tensão aplicada ao circuito,  $V$ , e a sua força eletromotriz,  $E$ .

## RECEPTORES DE ELETRICIDADE

Um receptor de eletricidade tem a função de transformar parte da energia elétrica do circuito em energia que não seja exclusivamente térmica, como é o caso do liquidificador, do ventilador e de outros aparelhos elétricos. Quando um receptor é atravessado por uma corrente elétrica, recebe uma potência total do gerador que é transformada em potência útil e o restante dissipado internamente na forma de calor. Esta potência total é dada por:

$$P_{\text{total}} = P_{\text{útil}} + P_{\text{dissipada}} \quad (44)$$

A máxima energia que um gerador pode receber é a que a fonte de tensão consegue aplicar ao circuito. Ela é definida pela equação do gerador, dada por:

$$V.i = E'.i + r'.i^2 \quad (45)$$

Simplificando a corrente, obtém-se a equação do receptor, dada por:

$$V = E' + r'.i \quad (46)$$

onde a força contraeletromotriz  $E'$  e a resistência interna  $r'$  do receptor são as únicas constantes para cada receptor de eletricidade. A Equação 46 é análoga a de uma equação de primeiro grau. Como o coeficiente angular representado pela resistência interna é positivo, o gráfico que relaciona a tensão e a corrente da Figura 1.13 é o gráfico do receptor de eletricidade.

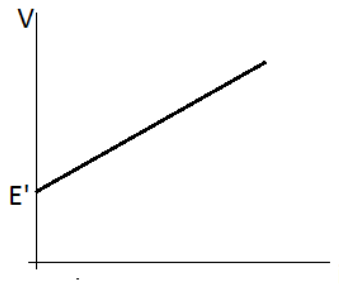


Figura 1.13. Representação gráfica da tensão em função da corrente para um Receptor de eletricidade.

O mínimo valor para a tensão equivale ao da força contraeletromotriz. A representação de um gerador e um receptor de eletricidade em um circuito é basicamente a mesma, com apenas uma diferenciação no sentido da corrente em cada um. As cargas elétricas ao passarem no gerador chegam a um menor potencial elétrico (polo negativo) e saem com um maior potencial elétrico (polo positivo), como representado na Figura 1.14 (a), diferente do que ocorre para o receptor, conforme ilustra a Figura 1.14 (b):



Figura 1.14. (a) Sentido da corrente no gerador; (b) Sentido da corrente no receptor.

O rendimento de um receptor elétrico, que representa a eficiência do consumidor, é dado pela razão de sua potência útil sobre a potência total recebida por este, isto é:

$$\eta = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{total}}} \quad (47)$$

ou,

$$\eta = \frac{E' \cdot i}{V \cdot i} \quad (48)$$

e, portanto, o rendimento de um receptor elétrico é dado pela equação:

$$\eta = \frac{E'}{V} \quad (49)$$

## MULTÍMETRO

Os multímetros são aparelhos multifuncionais capazes de medir várias grandezas físicas, tais como tensão contínua e alternada, corrente elétrica, resistência elétrica e até possibilidade de determinar se um transistor é npn ou pnp. Além disso, eles podem ser utilizados para verificar se o circuito está aberto ou fechado. Para cada grandeza a ser medida, existe um valor máximo no qual o aparelho pode registrar. Essa leitura é determinada pelo fundo de escala do aparelho.

Dentre as opções de leitura no multímetro, uma das mais utilizadas no circuito é da medida da diferença de potencial em parte do circuito elétrico. O voltímetro é o aparelho fabricado para esse tipo de medição. Como o voltímetro mede diferença de potencial elétrico, este deve ser ligado em paralelo ao ponto em que se tenha interesse em determinar o valor da tensão.

A Figura 1.15 mostra três resistores em série alimentados por uma fonte de tensão  $V$ , cujo interesse é medir a tensão sobre o resistor  $R_3$ .

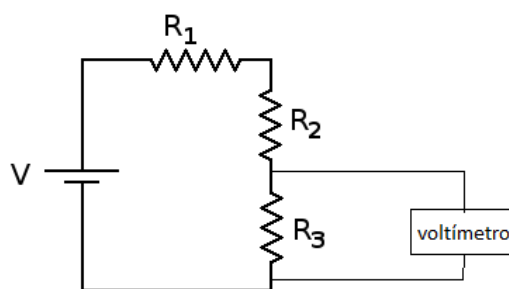


Figura 1.15. Voltímetro em paralelo.

Um voltímetro ideal deve possuir resistência interna infinita, para que a corrente elétrica não passe pelo aparelho, funcionando como um resistor em paralelo e alterando as leituras na associação.

O amperímetro é utilizado para determinar a intensidade da corrente elétrica em um determinado ramo do circuito e, por isso, deve permitir que a corrente elétrica passe pelo aparelho sem alterar o seu valor. Assim, um amperímetro ideal possui resistência elétrica nula. Para utilização do amperímetro, o dispositivo é ligado em série conforme representado na Figura 1.16.

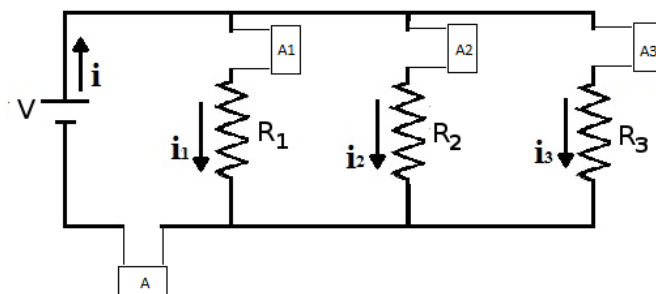


Figura 1.16. Amperímetros em série.

Nessa associação de resistores em paralelo, o amperímetro A1 colocado no primeiro ramo do circuito mede a corrente  $i_1$ , o amperímetro A2 mede  $i_2$  e o amperímetro A3 mede  $i_3$ . O amperímetro A fornece a leitura da corrente total do circuito, sendo  $A=A_1+A_2+A_3$ , ou seja,  $i=i_1+i_2+i_3$ .

Para a associação de resistores em série, independente da posição do amperímetro, têm-se o mesmo valor da corrente elétrica em qualquer parte do circuito. Para a instalação do equipamento nessa posição, foi feita a ruptura do fio que liga os resistores à fonte de tensão e posteriormente a ligação dos extremos com as ponteiros do aparelho, como mostra a Figura 1.17.

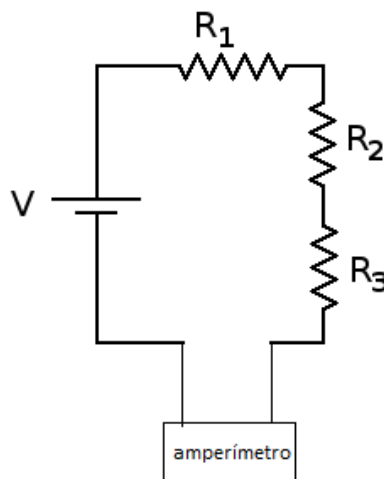


Figura 1.17. Amperímetro em uma associação de resistores em série.

## CAPACITORES

Os capacitores são dispositivos capazes de armazenar energia elétrica. Possuem duas placas condutoras denominadas armaduras, que se carregam com cargas de mesma intensidade, porém, de sinais contrários e são separadas por um material dielétrico (isolante). Devido à sua construção, o capacitor pode armazenar uma carga proporcional a tensão

recebida, ou vice-versa,  $Q = C.V$ , onde  $Q$  é a carga do capacitor,  $V$  a tensão e  $C$  a constante de proporcionalidade entre as duas grandezas.

A constante  $C$  recebe o nome de capacitância ou capacidade elétrica, cuja unidade no sistema internacional (SI) é o farad (f),  $coulomb/volt = farad$ . Portanto, uma vez determinada a capacitância de um capacitor esse valor não se altera. Por exemplo, para um capacitor que possui capacitância  $C = Q/V$ , que é submetido a uma tensão  $2V$ , armazena uma carga  $2Q$ .

A utilização de melhores isolantes elétricos entre as armaduras do capacitor gera uma maior eficiência e influencia principalmente pelo fato das placas estarem bem próximas, produzindo diminuição da intensidade do campo elétrico entre as placas através da polarização do material. A Figura 1.18 mostra como é o campo elétrico entre as armaduras do capacitor, sem a presença de um dielétrico sólido.

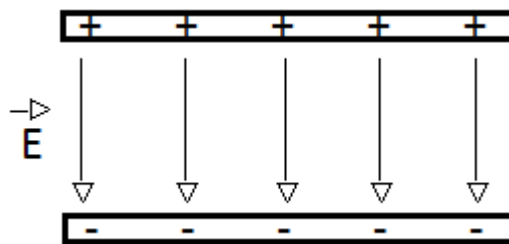


Figura 1.18. Vetor campo elétrico entre as armaduras do capacitor, sem a presença de um dielétrico sólido.

A Figura 1.19 mostra como ocorre a polarização do isolante elétrico sólido, que permite uma menor intensidade do campo elétrico resultante, permitindo um maior acúmulo de cargas.

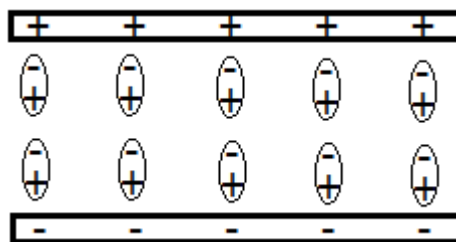


Figura 1.19. Polarização do dielétrico.

Para o capacitor, a carga  $Q$  é diretamente proporcional a diferença de potencial  $V$ . Dessa forma, a Figura 1.20 mostra que para um capacitor o gráfico é linear, de modo que o coeficiente angular é definido como sendo a própria capacitância.

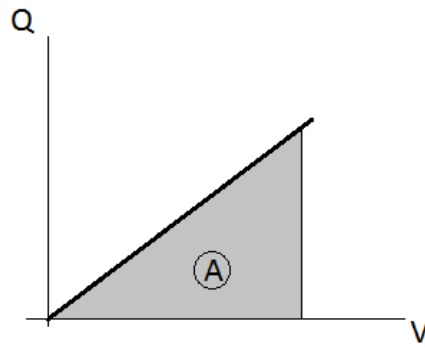


Figura 1.20. Representação gráfica da capacitância do capacitor.

A área A do gráfico é numericamente igual a energia potencial elétrica do capacitor, dada por:

$$E_{pe} = \frac{Q \cdot V}{2} \quad (50)$$

Se  $Q=C \cdot V$ , então

$$E_{pe} = \frac{(C \cdot V) \cdot V}{2} = \frac{C \cdot V^2}{2} \quad (51)$$

ou,

$$E_{pe} = \frac{C}{2} \left( \frac{Q^2}{C^2} \right) = \frac{Q^2}{2C} \quad (52)$$

As armaduras do capacitor de placas paralelas são de mesmo tamanho com área A e são separadas por uma distância d. Verifica-se que quanto maior a área das armaduras e menor a distância entre elas maior será a capacitância do capacitor. Dessa forma, a capacitância é diretamente proporcional à área das armaduras e inversamente proporcional a distância que as separa. Porém, a capacidade do meio em se polarizar influencia no armazenamento de cargas. Essa grandeza é denominada permissividade do meio ( $\epsilon$ ). A expressão final para a capacidade elétrica é dada pela expressão:

$$C = \epsilon \cdot \frac{A}{d} \quad (53)$$

No vácuo, a constante de permissividade elétrica é  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  F/m. A constante dielétrica K é a razão entre a constante de permissividade do meio e a constante de permissividade do vácuo, isto é,  $K = \epsilon / \epsilon_0$ .

Sabe-se que para ocorrer fluxo espontâneo de cargas elétricas em um condutor, este deve ser submetido a uma diferença de potencial elétrico (ddp) em dois pontos distintos. Se a corrente elétrica for nula, isso indica que o condutor está em equilíbrio elétrico. Se dois ou

mais condutores com potenciais diferentes forem colocados em contato, haverá um fluxo de cargas elétricas até que o equilíbrio seja alcançado.

Considere três condutores com capacidades elétricas  $C$  desprezíveis e com potenciais  $V$  diferentes, possuindo cada uma carga  $Q$  e que entram em contato simultâneo. Neste caso, haverá uma corrente elétrica até que os condutores adquiram o mesmo potencial elétrico, mantendo a mesma capacidade elétrica.

Antes do contato, as cargas de cada fio poderiam ser dadas por:  $Q_1 = C_1.V_1$ ;  $Q_2 = C_2.V_2$ ;  $Q_3 = C_3.V_3$ . Após o contato:  $Q_1 = C_1.V$ ;  $Q_2 = C_2.V$ ;  $Q_3 = C_3.V$ . Pelo Princípio da Conservação da Carga:

$$C_1.V_1 + C_2.V_2 + C_3.V_3 = C_1.V + C_2.V + C_3.V \quad (54)$$

Isolando  $V$ , obtém-se:

$$V = \frac{C_1.V_1 + C_2.V_2 + C_3.V_3}{C_1 + C_2 + C_3} \text{ ou } V = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{C_1 + C_2 + C_3}. \quad (55)$$

Os capacitores podem ser associados de maneira a manter uma capacitância desejada no circuito, com elevação ou diminuição da capacidade de armazenamento sem danificar esses componentes. O capacitor resultante da associação recebe a definição de capacitor equivalente.

Numa associação de capacitores em série, a armadura negativa do primeiro é ligada a armadura positiva do segundo e assim sucessivamente para os demais da associação. Com isso, o processo de carregamento dos capacitores ocorre por indução, mantendo o mesmo módulo de carga em suas placas. A Figura 1.21 mostra como é feita uma associação de capacitores em série:

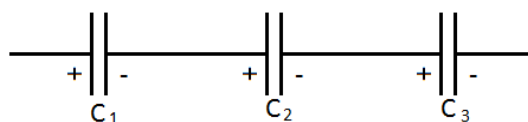


Figura 1.21. Associação de Capacitores em Série.

Nesse tipo de associação, a tensão do gerador  $V$  é dividida sobre os capacitores com  $V = V_1 + V_2 + V_3$ . Se  $Q = C.V$ , pode-se escrever a expressão em função da capacitância equivalente, isto é,

$$\frac{Q}{C_{eq}} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3} \quad (56)$$

Como as cargas nos capacitores são iguais, então;

$$\frac{Q}{C_{eq}} = Q \cdot \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right) \quad (57)$$

e, portanto (após uma pequena simplificação),

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \quad (58)$$

Em geral, para uma associação n capacitores em série, A Equação 58 pode ser reescrita como:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i} \quad (59)$$

Nota-se que a expressão para o cálculo de capacitor equivalente em série é análoga à expressão de resistor equivalente em paralelo.

Para n capacitores iguais em série, a expressão se reduz a  $C_{eq} = C/n$ , onde C é a capacitância do capacitor e n é o número de capacitores idênticos em série. Para dois capacitores em série, pode-se utilizar no cálculo do equivalente  $C_{eq} = (C_1 \cdot C_2) / (C_1 + C_2)$ , o produto pela soma.

Outro modo de associar capacitores é montando uma ligação em paralelo. Nesse tipo de associação, os polos iguais são colocados em contato com todos os componentes submetidos a mesma diferença de potencial, como representado na Figura 1.22.

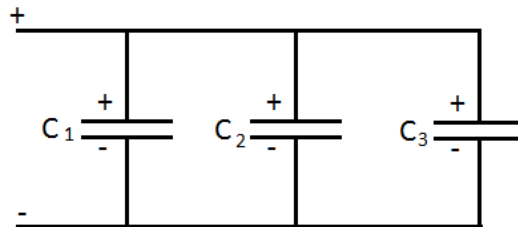


Figura 1.22. Associação de Capacitores em Paralelo.

Neste caso, a carga total Q da associação é dada pela soma das cargas nos capacitores:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (60)$$

Como  $Q = C \cdot V$ , então

$$C_{eq} \cdot V = C_1 \cdot V + C_2 \cdot V + C_3 \cdot V \quad (61)$$

e, portanto, como os capacitores estão submetidos a mesma diferença de potencial, a capacitância equivalente é dada pela equação:

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 \quad (62)$$

Generalizando a Equação 63 para n capacitores, obtém-se:

$$C_{eq} = \sum_{i=1}^n C_i \quad (63)$$

Portanto, numa associação de capacitores em paralelo, a capacitância equivalente é dada pela soma algébrica das capacitâncias individuais. A expressão é análoga ao de resistor equivalente em série. Nesse tipo de associação, têm-se um aumento na capacidade de armazenamento de carga no circuito.

## **CAMPO MAGNÉTICO GERADO POR CONDUTORES**

Os primeiros registros sobre o magnetismo são dados numa região da Ásia Menor, conhecida como Magnésia, na atual Turquia, no qual se verificou que uma pedra tinha a capacidade de atrair objetos metálicos e interagir com algumas outras pedras. Sabe-se, hoje, que essa rocha denominada magnetita é composta por óxido de ferro e qualquer objeto que possui essa substância na sua construção possui propriedades magnéticas significantes.

Os ímãs constantes nas bússolas possibilitam diferenciar os polos magnéticos quanto o magnetismo terrestre, devido ao fato da agulha magnética da bússola se orientar na direção norte sul geográfico. Cada material pode ser classificado de acordo com o seu magnetismo e, principalmente, quando submetido a um campo magnético externo, podendo ser diamagnéticos, paramagnéticos e ferromagnéticos.

O diamagnetismo é verificado em todos os materiais. Devido a sua baixa intensidade, não pode ser observado se o material possui propriedades paramagnéticas ou ferromagnéticas. Nesse tipo de material, quando submetido a um campo magnético externo, gera um campo em sentido contrário que desaparece quando o campo externo é removido.

Os materiais paramagnéticos possuem momentos de dipolos resultantes diferente de zero, porém, como são orientados em várias direções, o campo magnético resultante é nulo. Quando o material é submetido a um campo magnético externo, têm-se uma orientação parcial dos momentos de dipolos magnéticos e apresenta campo magnético resultante na mesma orientação do campo magnético aplicado, porém, desaparece quando esse é removido.

Os materiais ferromagnéticos possuem em sua estrutura molecular de pelo menos um dos elementos seguintes: ferro, níquel, cobalto, gadolínio e disprósio. Há nesses materiais um forte alinhamento dos momentos de dipolos magnéticos que geram regiões com campos intensos. Quando submetidos a um campo externo, se orientam no mesmo sentido e permanecem orientados mesmo quando o campo externo é removido.

A magnetização depende das propriedades de cada material e de sua estabilidade. Por exemplo, um ímã pode perder suas propriedades magnéticas através de choques mecânicos ou até atingir a temperatura de Curie, que para o ferro é da ordem de  $770^{\circ}\text{C}$ . A figura 1.23 mostra um ímã em forma de barra e a representação das linhas de indução magnética. O campo magnético é mais intenso próximo aos polos do ímã e são linhas contínuas que saem do polo norte conhecido como fonte e entram no polo sul denominado de sumidouro. Se organizam de modo a manter sempre dois polos, ficando impossível de separar apenas um monopólo magnético.

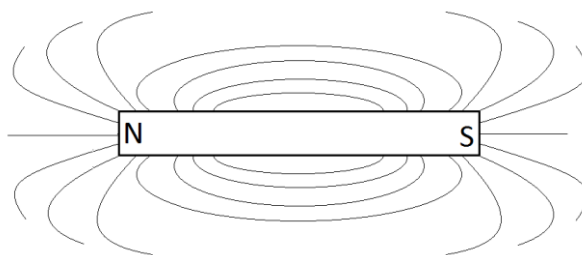


Figura 1.23. Ímã em forma de barra e suas linhas de indução magnética.

Polos iguais de ímãs se repelem e polos diferentes se atraem, portanto, a Figura 1.24 mostra como é uma força magnética de repulsão quando polos iguais são aproximados;

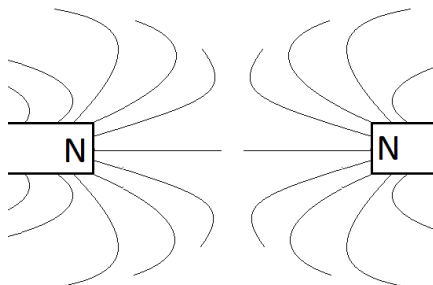


Figura 1.24. Linhas de campo quando polos iguais são aproximados.

A Figura 1.25 mostra de forma esquemática o comportamento das linhas de indução magnética, que permitem uma atração entre ímãs que são aproximados com polaridades opostas.

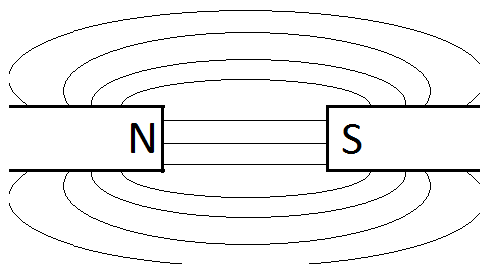


Figura 1.25. Linhas de campo quando polos diferentes são aproximados.

Em 1820, o físico e químico dinamarquês Hans Christian Oersted verificou experimentalmente que quando a corrente elétrica passa por um fio condutor, ela gera ao redor do fio uma região de campo magnético, mostrando assim que existe uma relação entre fenômenos elétricos e magnéticos. Tal fato resultou no que se conhece hoje como Eletromagnetismo. Basicamente, cargas elétricas em repouso geram campo elétrico e cargas elétricas em movimento geram campos magnéticos. No experimento de Oersted, uma bússola foi colocada próximo ao fio condutor e toda vez que a corrente elétrica percorria o fio a agulha da bússola que é magnetizada alterava sua direção.

Suponha que a agulha da bússola posicionada próxima ao fio condutor estivesse na situação representada na Figura 1.26 para uma corrente elétrica nula.

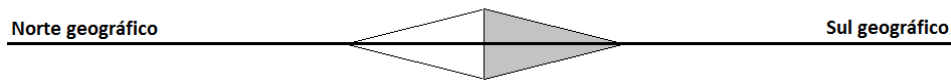


Figura 1.26. Orientação da agulha da bússola quando a corrente elétrica  $i$  é nula.

A Figura 1.27 mostra uma mudança na direção da agulha devido à corrente elétrica  $i$  que atravessa o condutor.

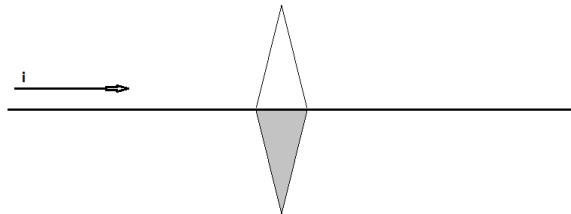


Figura 1.27. Deflexão da agulha magnética quando a corrente elétrica  $i$  é diferente de zero.

Os físicos franceses Jean-Baptiste Biot e Félix Savart desenvolveram uma formulação matemática para o cálculo da intensidade do campo magnético produzido por uma corrente elétrica. O resultado deste cálculo é a Lei de Biot-Savart, aplicada aos condutores de diferentes formatos. A Figura 1.28 mostra um fio condutor sobre um plano que gera um campo  $\Delta \vec{B}$  próximo ao condutor.

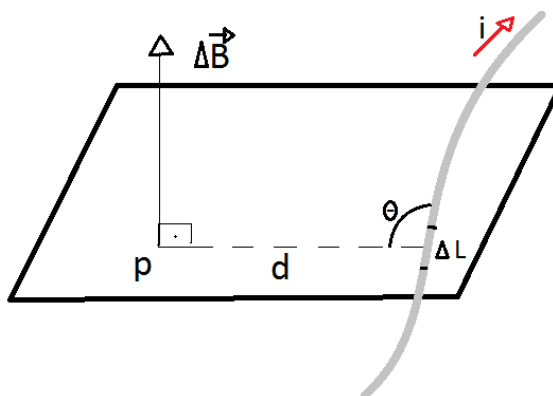


Figura 1.28. Vetor campo magnético gerado pelo fio.

De acordo com a Figura 1.28, um pequeno pedaço do fio  $\Delta L$  é percorrido por uma corrente  $i$  a uma distância  $d$  do vetor no ponto  $p$ . O módulo de  $\Delta B$  é dado por:

$$\Delta B = \frac{\mu.i.\Delta L.\text{sen}\Theta}{4.\pi.d^2} \quad (64)$$

A unidade de campo magnético no sistema internacional é Tesla (T). Para um fio retilíneo e longo, o módulo do campo magnético  $\vec{B}$  é dado pela lei de Ampère:

$$B = \frac{\mu.i}{2.\pi.d} \quad (65)$$

onde  $\mu$  é a Constante de Permeabilidade Magnética para cada meio. No vácuo, o seu valor é de  $4.\pi.10^{-7}$  T.m/A;  $i$  é a intensidade da corrente elétrica no condutor e  $d$  a distância do fio ao ponto onde se deseja calcular o valor do campo magnético.

Ao redor do fio retilíneo, o campo magnético gera linhas de indução magnéticas circulares, perpendiculares ao fio e concêntricas a este. Uma forma de se determinar a orientação do campo magnético é com a utilização da regra da mão direita, onde o polegar se orienta na direção da corrente elétrica convencional e os demais dedos estão na orientação do campo magnético.

O campo magnético no centro de um anel pode ser determinado pela Lei de Biot-Savart. Para  $\theta = 90^\circ$ , cada trecho  $\Delta L$  da espira produz um campo  $\Delta B$ , dado por:

$$\Delta B = \frac{\mu.i.\Delta L.\text{sen}\Theta}{4.\pi.d^2} \quad (66)$$

Fazendo  $L = 2.\pi.d$  e  $\text{sen } 90^\circ = 1$ , então

$$\Delta B = \frac{\mu.i.2\pi.d}{4.\pi.d^2} \quad (67)$$

ou

$$\Delta B = \frac{\mu.i}{2.R} \quad (68)$$

onde  $d = R$ , ou seja, o próprio raio do anel.

Usando a regra da mão direita, o vetor campo magnético no centro do anel é perpendicular ao plano formado por este e inverte de acordo com a mudança na orientação da corrente. Para  $n$  espiras iguais justapostas, que recebe o nome de bobina chata, a intensidade do campo magnético no seu centro pode ser determinado pela equação:

$$B_{bobina} = n \cdot \frac{\mu.i}{2.R} \quad (69)$$

O campo magnético no interior de um solenoide, que é um fio condutor no formato de espiras, pode ser considerado uniforme, com as linhas de indução magnéticas paralelas umas as outras e igualmente separadas. Quando percorrido por corrente  $i$ , o solenoide gera um campo análogo a um ímã em forma de barra, em um lado as linhas entram se comportando como o polo sul e saem na extremidade oposta se comportando como o polo norte, o sentido é determinado através da regra da mão direita.

A intensidade do campo magnético uniforme, com a utilização da Lei de Ampère é determinada por:

$$B_{bobina} = \frac{\mu.n.i}{L} \quad (70)$$

onde  $n$  é o número de espiras e  $L$  o comprimento do solenoide. A relação de  $n/L$  é conhecida como densidade linear de espiras.

## **CAPÍTULO 2**

### **CONSIDERAÇÕES EXPERIMENTAIS**

Disponibiliza-se, neste capítulo, o **CADERNO DE ATIVIDADES** constituído de doze experimentos propostos aos alunos com finalidade de melhoria na absorção sobre os conceitos físicos trabalhados pelo professor em sala, além de fortalecer a discussão e o senso crítico dos educandos referente a cada tema abordado. Os experimentos assim propostos são descritos/apresentados nas próximas seções.

### **ATIVIDADE 01 - ELETRIZAÇÃO POR ATRITO**

#### **Objetivos**

Mostrar que duas substâncias distintas quando friccionadas podem trocar cargas elétricas entre si.



#### **Materiais utilizados**

- Canudo plástico;
- Folha de papel;
- Papel alumínio.

#### **Discussão**

Sabe-se que a matéria independente de seu estado de agregação é formada por átomos, os quais, por sua vez, são constituídos por prótons, nêutrons e elétrons. Os elétrons são portadores de cargas negativas, prótons com cargas positivas e nêutrons não são portadores de cargas elétricas. É possível variar a quantidade de carga elétrica em um átomo? Sim, e pode-se realizar experimentos simples para demonstração. Quando duas substâncias diferentes são atritadas, pode haver uma troca de cargas entre elas e, assim, uma tende a doar elétrons e outra a receber. O Quadro 2.1 mostra a tendência das substâncias em trocarem cargas elétricas após a fricção.

Quadro 2.1. Série triboelétrica.

Materiais		
	pele humana seca	
	couro	
	pele de coelho	
	vidro	
	cabelo humano	
	fibra sintética	
	lã	
	chumbo	
	pele de gato	
	seda	
	alumínio	
	papel	
	algodão	
	aço	
	madeira	
	âmbar	
	borracha dura	
	níquel e cobre	
	latão e prata	
ouro e platina		
poliéster		
filme de PVC		
poliuretano		
polietileno (fita adesiva)		
polipropileno		
vinil (PVC)		
silicone		
teflon		

Fonte: <http://alunosonline.uol.com.br/quimica/serie-triboeletrica.html>. Acesso em 23/08/2016.

Após a troca de elétrons entre elas, a substância que cede elétrons fica eletrizada positivamente e a que recebe elétrons carregada negativamente. Para a determinação de como será a troca de cargas elétricas entre diferentes materiais, uma série triboelétrica (Figura 2.1) serve para representar a facilidade de trocar elétrons e o tipo de carga após serem friccionadas. A Figura 2.2 mostra a fricção entre duas substâncias distintas.

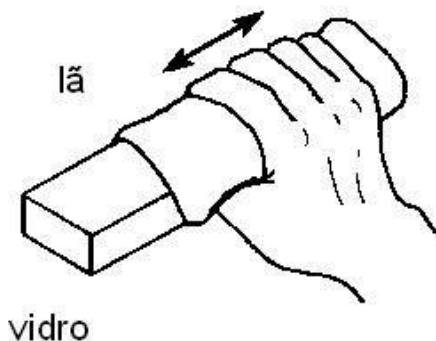


Figura 2.2. Fricção das substâncias.

.Fonte: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=4782>>. Acesso em 30/08/2016.

A Figura 2.3 mostra o excesso de cargas elétricas em cada substância após a fricção e consequentemente seu tipo de eletrização.

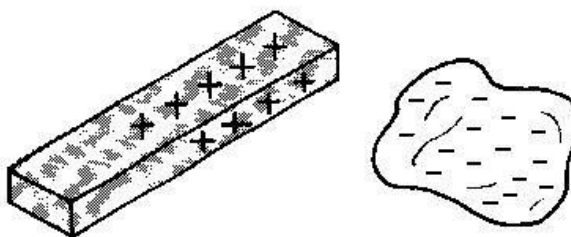


Figura 2.3. Troca de cargas na eletrização por atrito.

Fonte: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=4782>>. Acesso em 30/08/2016.

### **Procedimento experimental**

- 1) Pique o papel alumínio em pequenos pedaços;
- 2) Friccione a folha de papel com o canudo sem tocar com a mão a parte que está sendo atritada, faça esse movimento em apenas um sentido;
- 3) Aproxime o canudo dos pedacinhos de papel alumínio.

\*Obs.: Para que se tenha êxito no experimento é necessário que as substâncias estejam limpas e secas.

### **Questões**

- 1) O que ocorre com os pedacinhos de papel alumínio quando houve a aproximação do canudo?;
- 2) O que permitiu que o canudo pudesse atrair o papel alumínio?;
- 3) Substitua o papel alumínio por pedacinhos de papel, refaça os procedimentos e anote o fenômeno observado;
- 4) Quais são suas conclusões baseadas nos conceitos físicos sobre o experimento?

## ATIVIDADE 02 - ELETRIZAÇÃO POR CONTATO

### Objetivos

Promover a troca de cargas elétricas entre um corpo carregado e um corpo condutor inicialmente neutro.

### Materiais utilizados

- Linha de algodão ou de outro material isolante;
- Um pedaço de papel alumínio;
- Folha de papel;
- Canudo plástico.

### Discussão

Nesse tipo de processo de eletrização, o corpo carregado entrará em contato com o corpo condutor inicialmente neutro, de modo que haja uma transferência de cargas elétricas entre eles. Se o corpo carregado estiver com excesso de elétrons, parte dessas cargas fluirá para o condutor; caso contrário, o corpo carregado positivamente recebe elétrons do condutor, ficando assim ao final do processo de eletrização carregado com cargas de mesmo sinal. Abaixo, a Figura 2.4 é uma representação esquemática de como seria a troca de cargas entre os corpos.

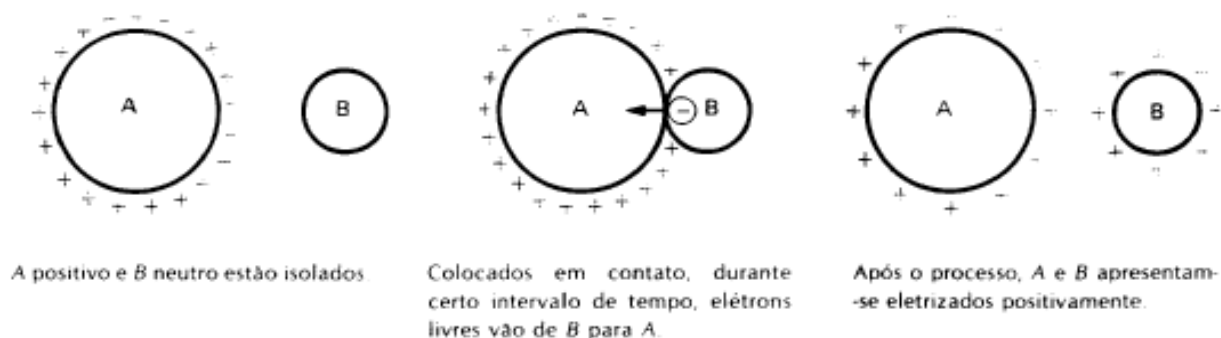


Figura 2.4. Processo de eletrização por contato.

Fonte: <[http://ifserv.fis.unb.br/matdid/1\\_2000/uilton/eletro/conceito.htm](http://ifserv.fis.unb.br/matdid/1_2000/uilton/eletro/conceito.htm)>. Acesso em 30/08/2016.

A Figura 2.5 mostra como ocorre a eletrização de um corpo inicialmente neutro em contato com um condutor carregado negativamente:

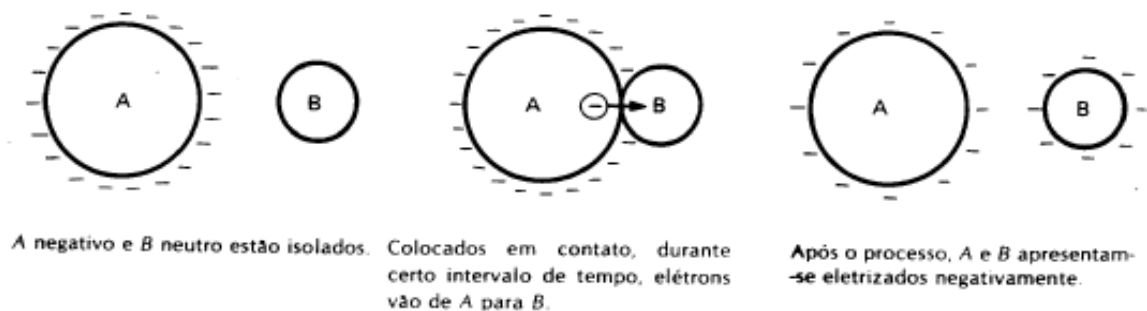


Figura 2.5. Processo de eletrização por contato.

Fonte: <[http://ifserv.fis.unb.br/matdid/1\\_2000/uilton/eletro/conceito.htm](http://ifserv.fis.unb.br/matdid/1_2000/uilton/eletro/conceito.htm)>. Acesso em 30/08/2016.

### Procedimento experimental

- 1) Friccione o papel no canudo plástico;
- 2) Prenda a um pedaço de fio isolante um pequena esfera de papel alumínio, aproximadamente do tamanho de um grão de milho;
- 3) Aproxime o canudo carregado à esfera de papel alumínio e deixe-os entrar em contato.

\*Para repetir o procedimento, basta tocar a esfera com as mãos.

### Questões

- 1) O que aconteceu quando você aproximou o canudo carregado da esfera de alumínio?;
- 2) Após o contato, os corpos atraíram ou repeliram?;
- 3) Como você justifica o fenômeno ocorrido?

## **ATIVIDADE 03 - MATERIAIS ISOLANTES E CONDUTORES**

### **Objetivo**

Diferenciar os materiais isolantes de materiais condutores.

### **Materiais utilizados**

- Uma fonte de tensão contínua, de baixa tensão, como bateria ou pilhas associadas em série;
- Uma lâmpada compatível com a tensão na fonte;
- Dois fios condutores;
- Materiais a serem analisados: 1 clipe, 1 prego, papel, papel alumínio, borracha, um palito de picolé, 1 grafite de lapiseira, entre outros.

### **Discussão**

Um material condutor é caracterizado pela presença de elétrons livres, que são responsáveis pelo fluxo de cargas elétricas num meio sólido. Esses elétrons estão fracamente ligados aos núcleos dos átomos e podem mover com facilidade nos meios condutores, diferentemente do que ocorre nos materiais não-condutores ou isolantes que mantêm os elétrons na camada de valência fortemente ligados ao núcleo pela força elétrica. Assim, se um material permite a passagem de corrente elétrica recebe a classificação de condutor e se não, de isolante.

### **Procedimento experimental**

- 1) Faça a ligação da lâmpada utilizando os fios condutores e a fonte de tensão;
- 2) Posteriormente, solte um dos lados de um fio ligado à fonte de tensão. Note que a lâmpada irá apagar pois o circuito está aberto;
- 3) Feche o circuito colocando os diferentes tipos de materiais entre a extremidade do fio que foi desprendida e a fonte de tensão.

A Figura 2.6 mostra a representação esquemática da montagem do experimento.



Figura 2.6. (1) Circuito aberto e (2) circuito fechado.

Fonte: <<http://www.educ.ar/sitios/educar/recursos/ver?id=92593>>. Acesso em 11/09/2016.

### Questões

- 1) Todos os materiais permitiram o acendimento da lâmpada?;
- 2) Houve diferença do brilho da lâmpada de acordo com o material utilizado? Se sim, qual permitiu maior brilho?;
- 3) Como você classifica os materiais utilizados entre condutores e isolantes? Qual foi o parâmetro adotado para diferenciá-los?

## ATIVIDADE 04 - MULTÍMETRO

### Objetivo

Aprender como realizar a leitura em um multímetro.

### Materiais utilizados

- Multímetro;
- Duas pilhas idênticas;
- Dois clips.

### Discussão

Em um circuito elétrico, várias são as grandezas que podem ser medidas, tais como: corrente elétrica, resistência equivalente e diferença de potencial (tensão). Portanto, o uso de equipamentos pode ajudar nas informações referentes ao circuito. Saber usá-los corretamente é essencial para a veracidade nos dados. Um multímetro é um aparelho multifuncional que permite a leitura de muitas grandezas. A seguir, a Figura 2.7 mostra um multímetro e suas especificações.

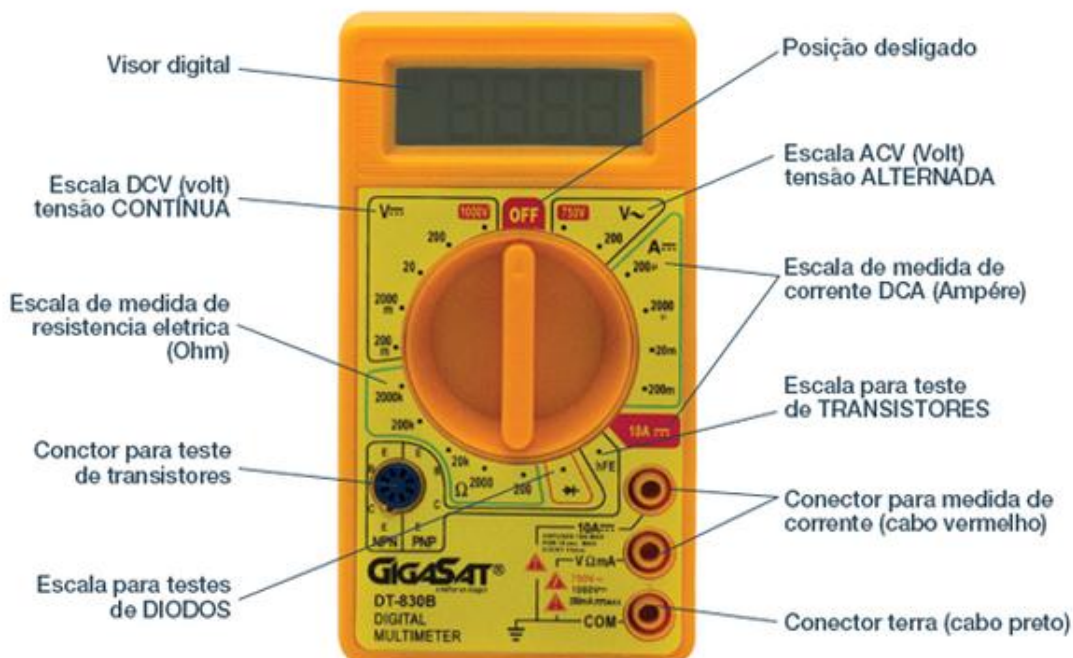


Figura 2.7. O Multímetro digital e suas especificações.

Fonte: <<http://www.gigasatbrasil.com.br/#!Veja-como-usar-um-mult%C3%ADmetro-digital/c1gv/559422a30cf28e68712836ee>>. Acesso em 31/08/2016.

Para uma medição da tensão, o voltímetro deve ser associado em paralelo nos pontos que se deseja realizar a medida. Na leitura da corrente elétrica, o amperímetro deve ser associado em série ao circuito elétrico. A Figura 2.8 mostra como realizar a leitura da tensão em uma pilha ou em uma bateria:



Figura 2.8. Medida da tensão contínua com um multímetro.

Fonte: <<http://www.gigasatbrasil.com.br/#!Veja-como-usar-um-mult%C3%ADmetro-digital/c1gv/559422a30cf28e68712836ee>>. Acesso em 31/08/2016.

O esquema abaixo, representado na Figura 2.9, mostra como o multímetro deve ser associado para leitura da tensão em dispositivos, tais como lâmpadas, tomadas, ventiladores, televisores, entre outros.

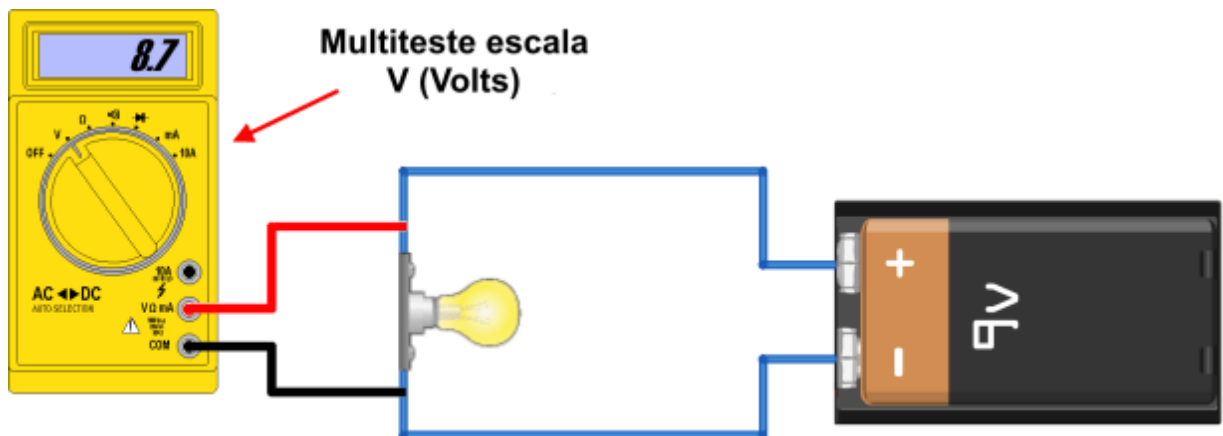


Figura 2.9. Voltímetro em paralelo.

Fonte: <<http://www.arduinoportugal.pt/temas/como-medir-corrente-de-um-equipamento-com-o-arduino/>>. Acesso em 31/08/2016.

### Procedimento experimental

1) Selecione o ponteiro do multímetro na escala de tensão contínua, a mais próxima da tensão registrada na pilha;

- 2) Coloque as ponteiros do equipamento nos polos de uma das pilhas e registre o valor verificado;
- 3) Associe as duas pilhas em série, colocando o polos contrários em contato e faça a leitura da tensão entre os extremos das duas pilhas;
- 4) Associe as duas pilhas em série, colocando os polos iguais em contato e determine a leitura nos polos externos das duas pilhas;
- 5) Usando os dois clips associe as duas pilhas em paralelo, colocando os polos iguais em contato e faça a medida da tensão com cada uma das ponteiros em contato com os clips simultaneamente. Registre a leitura verificada.

### **Questões**

- 1) Faça uma ilustração representando cada uma das associações dos procedimentos anteriores;
- 2) Complemente a questão 1 com as leituras correspondentes em cada caso;
- 3) Como você explica cada uma das leituras verificadas?

## ATIVIDADE 05 - MEDINDO A CORRENTE ELÉTRICA COM O MULTÍMETRO

### Objetivo

Medir a corrente elétrica em um circuito simples.

### Materiais utilizados

- Duas pilhas;
- Multímetro;
- Um resistor de baixa resistência;
- Fios condutores.

### Discussão

O amperímetro é o instrumento utilizado para medir a intensidade da corrente elétrica. Para realizar medida dessa natureza, o multímetro deve ser associado em série ao ramo para que a corrente passe pelo aparelho. Nessa situação, este deve possuir baixa resistência elétrica para que não altere o valor da corrente no circuito. A Figura 2.10 apresenta o esquema de como se deve ligar um amperímetro ao circuito.

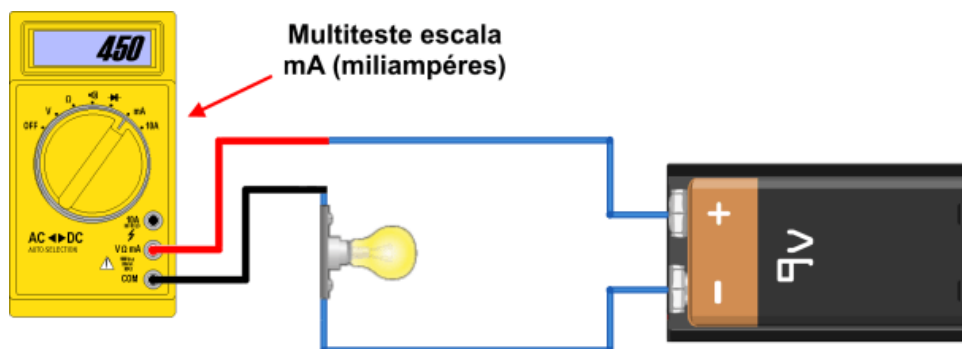


Figura 2.10. Como medir a corrente elétrica com um Amperímetro.

Fonte: <<http://www.arduinoportugal.pt/temas/como-medir-corrente-de-um-equipamento-com-o-arduino/>>. Acesso em 31/08/2016.

### Procedimento experimental

- 1) Ligue os componentes do circuito com fios condutores usando apenas uma das pilhas. Entre o resistor e o fio condutor associe o amperímetro em série;
- 2) Gire a escala do amperímetro de modo a obter uma melhor leitura da corrente;
- 3) Associe as duas pilhas em série de modo a aumentar a tensão aplicada ao circuito;

### **Questões**

- 1) Qual foi a leitura da corrente em cada caso?;
- 2) O que aconteceu com o valor da corrente com o aumento da tensão?;
- 3) Se você ligar com as duas ponteiros do aparelho os polos positivo e negativo, qual a leitura verificada da corrente? Esse modo de ligação está correto? Justifique.

## ATIVIDADE 06 - CÓDIGO DE CORES DOS RESISTORES

### Objetivo

Identificar o valor do resistor através de seu código de cores

### Materiais utilizados

- Resistores;
- Multímetro.

### Discussão

Nos diferentes circuitos elétricos dos aparelhos eletrônicos, verifica-se uma grande quantidade de resistores com várias faixas de colorações diferentes. Essa sequência das cores fornece o valor da resistência elétrica. Abaixo, a Figura 2.11 mostra alguns resistores:

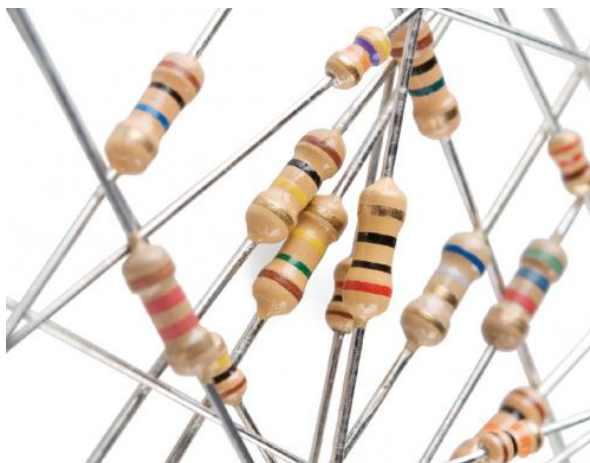


Figura 2.11. Resistores.

Fonte: <<https://learn.sparkfun.com/tutorials/resistors>>. Acesso em 09/09/2016.

Na fabricação desses componentes, algum produto ou fator externo pode alterar o valor de sua resistência, justificando, portanto, a tolerância representada em cada um. Cada faixa de coloração se refere a um número, como mostra o Quadro 2.2:

Quadro 2.2: Código de cores em resistores.

COR	VALOR	MÚMERO DE ZEROS	TOLERÂNCIA
Preto	0	-	
Marrom	1	0	
Vermelho	2	00	
Laranja	3	000	
Amarelo	4	0000	
Verde	5	00000	
Azul	6	000000	
Violeta	7	0000000	

Cinza	8	00000000	
Branco	9	000000000	
Ouro	-	-	5%
Prata	-	-	10%

Fonte: Próprio autor.

Na determinação da resistência do componente pelo código de cores, identifique primeiramente a faixa de tolerância de 5% ou 10%, que equivale a 4ª faixa. Assim, os valores da 1ª, 2ª e 3ª faixa podem ser extraídos com facilidade. Para o cálculo utilize a regra: ( 1ª 2ª ) x 10 <sup>3ª</sup>. Substitua em cada faixa o número correspondente ao valor verificado. Considere, por exemplo, um resistor que possua a sequência de cores verde, azul, vermelho e dourado. Neste caso, consultando a Tabela 2.1, o valor do resistor é definido como sendo  $56 \times 10^2 \Omega$  ou  $5600 \Omega$ . Como a faixa de tolerância é dourada, indica a coloração ouro, correspondente a 5% do valor do resistor, está no intervalo de  $5320 \Omega$  (-5%) a  $5880 \Omega$  (+5%).

### Procedimento experimental

- 1) Separe alguns resistores, no mínimo cinco;
- 2) Preencha o quadro conforme a sequência de cores verificadas em cada um;

RESISTOR	1ª FAIXA	2ª FAIXA	3ª FAIXA	4ª FAIXA (TOLERÂNCIA)
1				
2				
3				
4				
5				

- 3) Com o multímetro na função ohmímetro ( $\Omega$ ), verifique a leitura de cada resistor ligando cada ponteira do aparelho a uma das extremidades do componente e anote os resultados.

RESISTOR	VALOR MEDIDO
1	
2	
3	
4	
5	

### **Questões**

- 1) Determine o valor de cada resistor através do código de cores e sua respectiva tolerância. Os valores encontrados são próximos dos medidos com o multímetro?;
- 2) Qual resistor apresenta a menor diferença nos resultados? E a maior?;
- 3) Forneça em porcentagem a verdadeira tolerância para cada resistor. Os resultados estão dentro do limite previsto?

## ATIVIDADE 07 - ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES EM SÉRIE

### Objetivo

Verificar que em uma associação de resistores em série, a resistência equivalente é dada pela soma algébrica dos resistores.

### Materiais utilizados

- Três resistores (idênticos ou não);
- Multímetro.

### Discussão

Uma resistência elétrica em um circuito tem a função de limitar o valor da corrente elétrica ou provocar uma queda na tensão no ramo que está inserida. Existem três tipos de associação de resistores: série, paralelo e mista. Na associação de resistores em série, a corrente elétrica é a mesma que os percorre e a tensão dividida sobre estes componentes, como mostra o esquema da Figura 2.12.

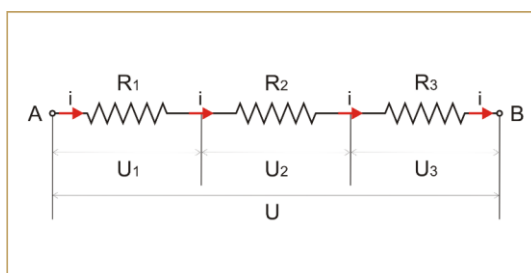


Figura 2.12. Esquema de Resistores em série.

Fonte: <[http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2013/08/cursos-do-blog-eletricidade\\_7.html](http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2013/08/cursos-do-blog-eletricidade_7.html)>. Acesso em 09/09/2016.

Uma das aplicações de circuito em série está em árvores de natal com o uso dos piscapiscas, onde, se uma lâmpada se queimar ou for retirada da boquilha e as outras apagam configuram esse tipo de associação. A Figura 2.13 mostra um exemplo de associação em série.

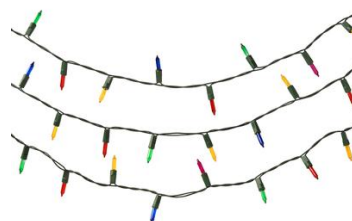


Figura 2.13. Luzes de natal.

Fonte: <<http://alunosonline.uol.com.br/fisica/associacao-resistores-serie.html>>. Acesso em 11/09/2016.

### **Procedimento experimental**

- 1) Identifique o valor de cada resistor;
- 2) Ligue uma das extremidades do primeiro resistor com a do segundo, com o uso do multímetro, anote o valor da resistência encontrada;
- 3) Repita a operação com os três resistores.

### **Questões**

- 1) Qual foi o maior valor medido na associação? Com quantos resistores você obteve essa leitura?;
- 2) Discuta com seus colegas qual o intuito de determinar a resistência equivalente em uma associação. Registre as principais ideias;
- 3) Quais conclusões você pode tirar do experimento?

## ATIVIDADE 08 - ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES EM PARALELO

### Objetivo

Compreender como é feita uma associação em paralelo e como são realizadas as leituras nessa associação.

### Materiais utilizados

- Fios condutores;
- Três resistores;
- Apoio para fixação dos resistores (um pedaço de isopor por exemplo).

### Discussão

Em casa, nos comércios e praticamente em todos os lugares existe uma grande quantidade de equipamentos eletrônicos em funcionamento. Porém, muitas vezes não é verificado como todos esses aparelhos são ligados à fonte de tensão. Em um circuito em paralelo, quanto maior o número de componentes, maior a intensidade da corrente elétrica em toda a associação, pois todos os aparelhos estão submetidos a mesma tensão. Assim, o uso do “T” não é indicado para equipamentos que possuem potência elevada, devido ao fato da corrente elevada poder gerar algum risco de incêndio pelo aquecimento da fiação.

As Figuras 2.14 e 2.15 mostram como é feita uma associação em paralelo de resistores e aparelhos elétricos:

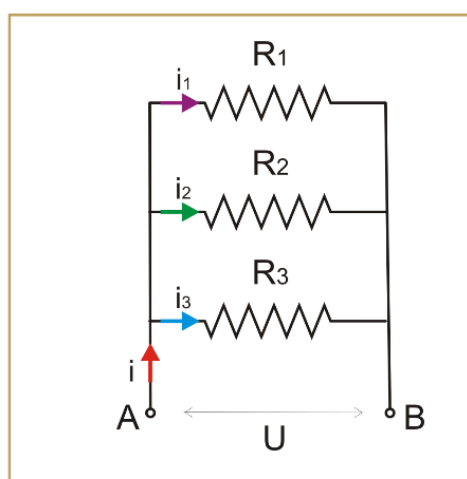


Figura 2.14. Associação de resistores em paralelo.

Fonte: <[http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2013/08/cursos-do-blog-eletricidade\\_7.html](http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2013/08/cursos-do-blog-eletricidade_7.html)>. Acesso em 09/09/2016.

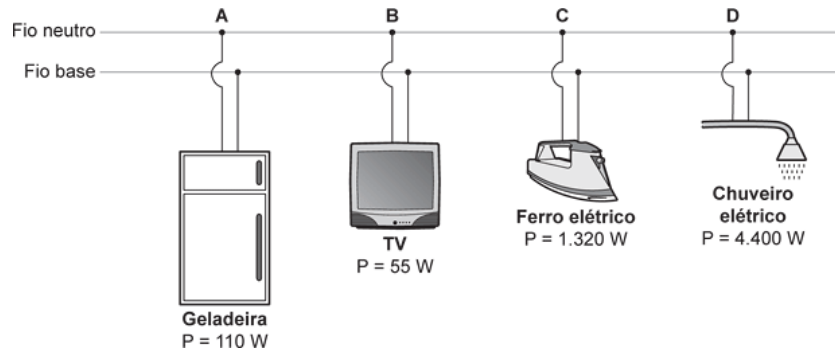


Figura 2.15. Aparelhos elétricos em paralelo.

Fonte: <<http://noticias.terra.com.br/educacao/interna/0,,OI3860902-EI14112,00-Ciencias+da+Natureza.html>>. Acesso em 09/09/2016.

A determinação da resistência equivalente nesse tipo de associação é realizada através da equação:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Quando apenas dois resistores são colocados em paralelo, a resistência equivalente é determinada pela equação (Produto pela soma):

$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

### Procedimento experimental

- 1) Com o uso dos fios condutores e da base de apoio, associe dois resistores em paralelo, fazendo a leitura da resistência equivalente;
- 2) Posteriormente, associe os três resistores e realize a leitura da resistência equivalente.

### Questões

- 1) Com o multímetro, quais foram os valores das resistências equivalentes em cada caso?;
- 2) Determine o valor dos resistores pelo código de cores. Qual seria valor encontrado da resistência equivalente em cada caso?;
- 3) Associe o multímetro sobre cada resistor separadamente. As leituras são as mesmas quando definidos pelos códigos de cores? Justifique com base nos resultados obtidos.

## ATIVIDADE 09 - ASSOCIANDO FONTES DE TENSÃO

### Objetivo

Compreender como se pode elevar a tensão elétrica aplicada a um circuito.

### Materiais utilizados

- Duas fontes de carregador de celular;
- Voltímetro.

### Discussão

No cotidiano, muitas vezes fontes de tensão são associadas sem análises de quais alterações nos circuitos irá provocar, seja em um controle remoto, em brinquedos ou outros objetos. Uma associação de fontes de tensão em série tem a finalidade de elevar a diferença de potencial sobre o circuito, que, se fizer parte de um circuito pronto, representa a tensão necessária para funcionamento dos equipamentos. A seguir, os dois esquemas representam como são feitas as associações de pilhas em paralelo e em série.

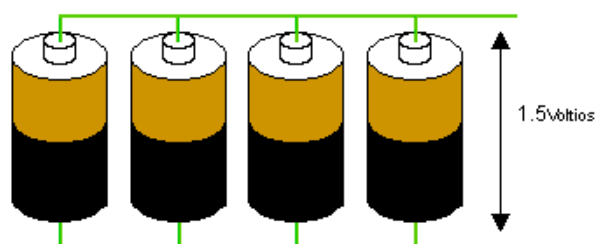


Figura 2.16 (a): Associação de geradores em paralelo.

Fonte: <<http://html.rincondelvago.com/redox.html>>. Acesso em 09/09/2016.

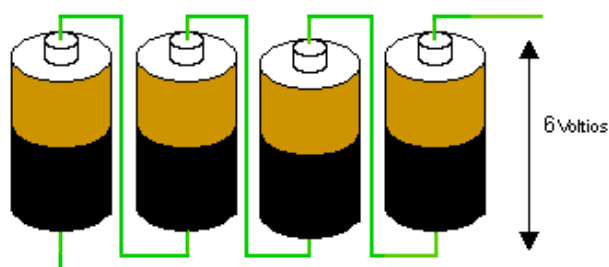


Figura 2.16 (b): Pilhas associadas em série

Fonte: <<http://html.rincondelvago.com/redox.html>>. Acesso em 09/09/2016.

### **Procedimento experimental**

- 1) Corte o fio próximo ao conector que é ligado ao aparelho;
- 2) Identifique as colorações dos fios em cada gerador;
- 3) Escolha um dos fios de um dos geradores e ligue ao outro fio do segundo gerador que possui coloração diferente;
- 4) Ligue os dois geradores à fonte de tensão.

### **Questões**

- 1) Com o multímetro, meça a tensão separada em cada gerador. Quais foram os valores registrados?;
- 2) Com as duas fontes associadas em série, qual foi a leitura da tensão?;
- 3) De acordo com os resultados obtidos, quais conclusões você tira da associação?

## ATIVIDADE 10 - ASSOCIAÇÃO DE CAPACITORES EM SÉRIE E PARALELO

### Objetivo

Compreender como é feita uma associação de capacitores em série e suas principais características.

### Materiais utilizados

- Três capacitores;
- Fonte de tensão compatível com a tensão suportada por cada capacitor;
- Um resistor.

### Discussão

Muitas são as maneiras de armazenar energia, como por exemplo, comprimindo uma mola ou elevando um objeto a uma determinada altura do solo. O dispositivo usado para armazenamento de energia elétrica é o capacitor, constituído de duas armaduras (placas condutoras) que armazenam mesmo módulo de carga, porém de sinais contrários, de maneira a gerar um campo elétrico entre as duas placas e separadas por um material isolante (dielétrico). A relação entre a carga armazenada em um capacitor e sua tensão é uma constante de proporcionalidade que recebe o nome de capacitância, e depende das características geométricas do dispositivo. A figura abaixo mostra de forma esquemática o princípio de fabricação de um capacitor:

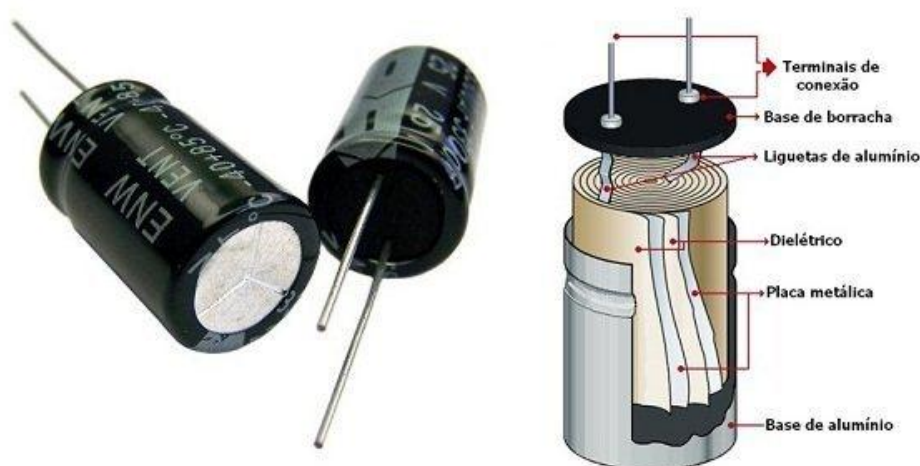


Figura 2.17. O Capacitor.

Fonte: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/como-funcionam-os-capacitores/>>. Acesso em 09/09/2016.

Quanto maior a constante dielétrica do material, maior sua capacidade de armazenamento de cargas e conseqüentemente maior capacitância.

### **Procedimento experimental**

1) De acordo com a equação abaixo, determine qual deve ser o valor do resistor utilizado para que não danifique o LED.

$$R = \frac{V_s - V_f}{I_f}$$

onde R é valor do resistor série,  $V_s$  representa a tensão na fonte,  $V_f$  a tensão que o LED deve ser submetido e  $I_f$  a corrente desejada em Ampères que percorre o circuito;

2) Note que os capacitores possuem em sua estrutura a marcação de (-) ou (+) em seus conectores. Faça a ligação dos três capacitores, ligando os conectores por polos diferentes;

3) Ligue em série os capacitores, o resistor, o LED e os submeta à fonte de tensão.

### **Questões**

1) Removendo a fonte de tensão aplicada, marque com um relógio quantos segundos o led permaneceu aceso. Qual o tempo verificado?;

2) Remova dois dos capacitores e refaça o item anterior. Houve diferença entre o tempo de acendimento do LED no circuito com três ou dois capacitores? Se sim, essa diferença é significativa?;

3) Como você explica os resultados obtidos nas questões 1 e 2?;

4) Ligue todos capacitores em paralelo, refaça o item 1 desse tópico e compare os resultados obtidos;

5) Em qual das associações a capacitância é maior? Justifique.

## ATIVIDADE 11 - CAMPO MAGNÉTICO GERADO POR FIOS CONDUTORES

### Objetivo

Provar que um fio condutor percorrido por uma corrente elétrica gera ao seu redor uma região de campo magnético.

### Materiais utilizados

- Bússola;
- Peça de fio de cobre;
- Uma pilha ou bateria.

### Discussão

No ano de 1820, o físico dinamarquês Hans Christian Oersted verificou que todas as vezes que fazia a corrente elétrica percorrer um circuito elétrico uma agulha magnética localizada próxima ao fio sofria uma deflexão, ou seja, mudava de direção. Assim, concluiu que existia uma relação entre fenômenos elétricos e fenômenos magnéticos, o que revolucionou os estudos nessa área. Está ilustrado na Figura 2.18 o experimento de Oersted em uma de suas apresentações.



Figura 2.18. Experimento de Oersted.

Fonte: <<http://www.geocities.ws/saladefisica9/biografias/oersted.html>>. Acesso em 11/09/2016.

### Procedimento experimental

- 1) Retire a proteção plástica do fio condutor;
- 2) Posicione a bússola em uma superfície plana horizontal;
- 3) Movimente o fio próximo à agulha da bússola e observe se ocorrerá alguma interação;
- 4) Ligue os extremos do fio aos polos da pilha e o aproxime da bússola.

### Questões

- 1) O que a agulha da bússola indica antes da aproximação do fio condutor ligado à fonte de tensão?;
- 2) Na aproximação do fio energizado, o que ocorreu com a agulha da bússola?;
- 3) Se houve alguma mudança na direção da agulha magnética, faça uma ilustração indicando as direções em cada caso;
- 4) Como você explica os fenômenos observados?

## ATIVIDADE 12 - ELETROÍMÃ

### Objetivo

Verificar a força magnética em materiais ferromagnéticos.

### Materiais utilizados

- Um pedaço de fio esmaltado (o mesmo utilizado em motores de ventilador, liquidificador, etc.);
- Um prego grande;
- Alguns pregos pequenos;
- Pedacinhos de papel alumínio picado (ou pedaços de fios de cobre);
- Pilha ou bateria.

### Discussão

Pode-se notar que alguns materiais se interagem fortemente sobre a ação de um campo magnético gerado por um ímã natural ou artificial e outros não, como os ímãs de geladeira ou de alto falantes. Mas você já parou para pensar em como é possível criar um ímã artificial, como os verificados em guindastes de ferro velho? A Figura 2.19 mostra um eletroímã industrial em funcionamento:



Figura 2.19. Eletroímã industrial.

Fonte: <<http://dettronic.com.br/implementos/eletroima/>>. Acesso em 11/09/2016.

### **Procedimento experimental**

- 1) Enrole o fio condutor ao redor do prego maior até formar um espiral em torno de praticamente toda a extensão do prego;
- 2) Ligue os extremos do fio aos polos da pilha;
- 3) Aproxime o prego maior aos pedaços de papel alumínio e posteriormente aos pregos menores.

### **Questões**

- 1) O que foi verificado quando o prego foi aproximado dos pedaços de papel alumínio?;
- 2) Na aproximação do prego envolvido pelo fio energizado aos pregos menores, o que ocorreu?;
- 3) Como você justifica os diferentes fenômenos observados?

## APÊNDICE C

### RESPOSTAS DOS ALUNOS À AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA

#### AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA 2

NOME: \_\_\_\_\_

1) O que significa dizer que um corpo está eletricamente neutro?

*Afirmar que um corpo está eletricamente neutro é o mesmo que dizer que o número de prótons é igual ao número de elétrons.*

2) Duas esferas condutoras idênticas que estavam inicialmente carregadas com cargas de mesma intensidade, porém, de sinais contrários são colocadas em contato. Determine:

A) a carga das esferas após o contato. Justifique.

*Após o contato a carga das esferas é nula, já que ocorreu uma transferência de igual medida entre prótons e elétrons.*

B) houve fluxo de cargas da esfera positiva para a negativa ou da esfera negativa para a positiva? *Fluxo um fluxo de carga negativa para a positiva, já que a movimentação é feita por elétrons, carga negativa.*

3) No lançamento de carga elétrica positiva numa região de campo magnético uniforme, quais são os comportamentos das cargas quando lançadas:

A) Paralelamente às linhas de indução magnética.

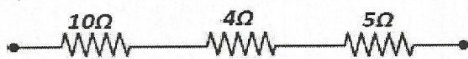
*Nesse lançamento a força magnética é nula.  $F_m = 0$*

B) Perpendicularmente às linhas de indução magnética.

*Perpendicularmente as cargas se comportam em um movimento circular uniforme.  $F_m = Bqv$*

4) Dada as associações de resistores a seguir, determine a resistência equivalente em cada associação:

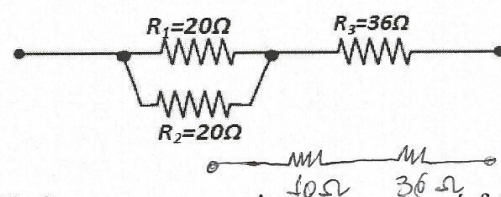
A)



$$R_{eq} = 10 + 4 + 5$$

$$R_{eq} = 19 \Omega$$

B)

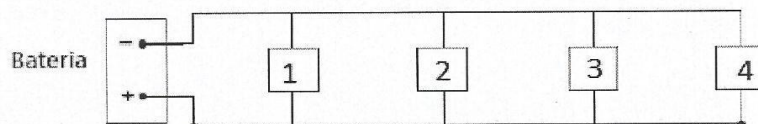


$$R_{eq_i} = \frac{20 \cdot 20}{20 + 20} = \frac{400}{40} = 10$$

$$R_{eq_T} = 10 + 36$$

$$R_{eq_T} = 46 \Omega$$

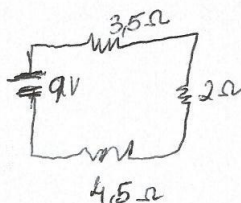
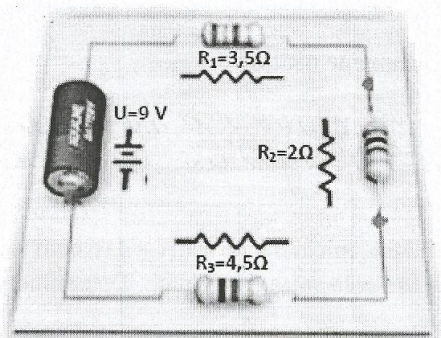
5) O esquema a seguir mostra como é feita a associação de quatro lâmpadas ligadas em paralelo e alimentadas por uma fonte de tensão contínua.



O que acontece com as demais lâmpadas do circuito se uma das lâmpadas se queimar?

*Ocorrendo a queima de uma das lâmpadas no circuito as demais não deixam funcionar. A associação em paralelo permite a dissipação de igual modo que a associação em série.*

6) A figura a seguir mostra uma associação de três resistores em série alimentados por uma fonte de tensão de 9V. Qual o valor da corrente elétrica que flui no circuito?



$$R_{eq} = 3,5 + 2 + 4,5$$

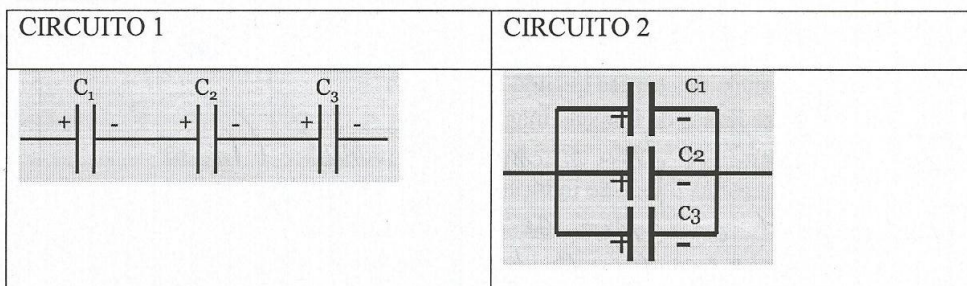
$$R_{eq} = 10\Omega$$

$$V = R \cdot I$$

$$9 = 10 \cdot I$$

$$I = \frac{9}{10} \therefore I = 0,9A$$

7) Deseja-se associar capacitores com a finalidade de obter a maior capacitância. Considerando que nas seguintes associações foram utilizados capacitores idênticos, analise os circuitos.



Responda:

Qual dos circuitos pode armazenar uma maior carga? Justifique.

O circuito 2 possui a maior capacidade de armazenamento de carga, pois em sua associação a soma das capacitâncias equivale a soma de três capacitores idênticos, enquanto no circuito 1 a soma das capacitâncias de  $C_1, C_2$  e  $C_3$  é menor que a soma de um único capacitor idêntico em sua associação.

8) Dê sua opinião sobre: "Como o uso de lixo eletrônico pode auxiliar no desenvolvimento das aulas de Física".

A utilização do lixo eletrônico em sala de aula, permite que nos cursos de Física os alunos desenvolvam a capacidade de percepção dos fenômenos envolvidos na física, tais como a eletricidade, a óptica, a mecânica dos fluidos, a acústica, entre outros, em análises dinâmicas. Tal fato agrega no aluno, saúde e prazer em sua formação acadêmica, adquirida na vida escolar.

9) Para você, assuntos relacionados ao "LIXO ELETRÔNICO" podem ser abordados em outras disciplinas como Biologia e Química? Comente.

Abordar lixo eletrônico em Biologia e Química, é um grande passo para a percepção de constituição química dos materiais, bem como o entendimento de sua dinâmica no solo no ar e principalmente nos efeitos no corpo humano.

## AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA 2

NOME: \_\_\_\_\_

1) O que significa dizer que um corpo está eletricamente neutro?

Deve dizer que os elétrons e prótons estão em equilíbrio.

2) Duas esferas condutoras idênticas que estavam inicialmente carregadas com cargas de mesma intensidade, porém, de sinais contrários são colocadas em contato. Determine:

A) a carga das esferas após o contato. Justifique.

Ficaram neutras, pois a carga negativa cancela a positiva.

B) houve fluxo de cargas da esfera positiva para a negativa ou da esfera negativa para a positiva? negativa para a positiva

3) No lançamento de carga elétrica positiva numa região de campo magnético uniforme, quais são os comportamentos das cargas quando lançadas:

A) Paralelamente às linhas de indução magnética.

Elas permanecerão neutras

B) Perpendicularmente às linhas de indução magnética.

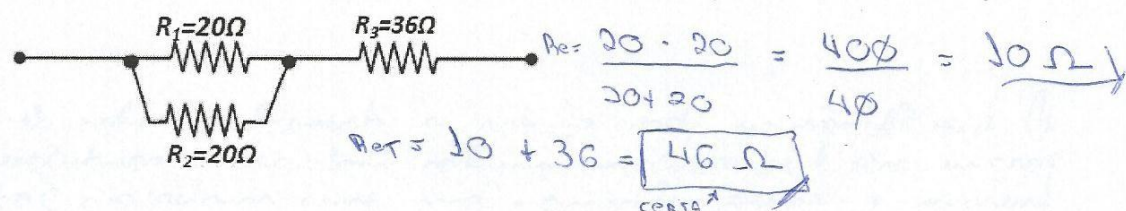
Elas ficarão em movimento circular uniforme

4) Dada as associações de resistores a seguir, determine a resistência equivalente em cada associação:

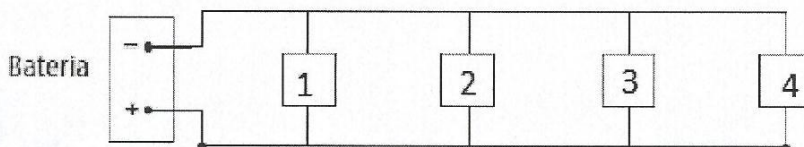
A)



B)



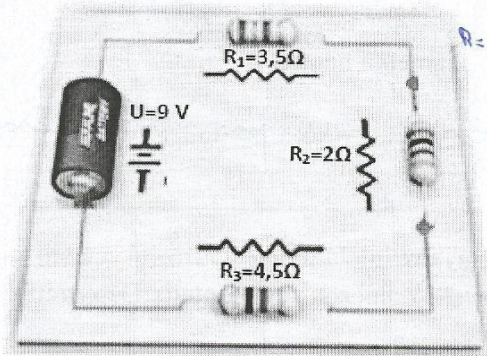
5) O esquema a seguir mostra como é feita a associação de quatro lâmpadas ligadas em paralelo e alimentadas por uma fonte de tensão contínua.



O que acontece com as demais lâmpadas do circuito se uma das lâmpadas se queimar?

Permanecerão acesas

6) A figura a seguir mostra uma associação de três resistores em série alimentados por uma fonte de tensão de 9V. Qual o valor da corrente elétrica que flui no circuito?



$$R = 3,5 + 2 + 4,5 = 10 \Omega$$

$$i = \frac{V}{R}$$

$$i = \frac{9}{10} = 0,9 \text{ A}$$



7) Deseja-se associar capacitores com a finalidade de obter a maior capacitância. Considerando que nas seguintes associações foram utilizados capacitores idênticos, analise os circuitos.

CIRCUITO 1	CIRCUITO 2

Responda:

Qual dos circuitos pode armazenar uma maior carga? Justifique.

CIRCUITO 2.

Porque pode armazenar a carga positiva, separada da negativa.

8) Dê sua opinião sobre: “Como o uso de lixo eletrônico pode auxiliar no desenvolvimento das aulas de Física”.

O lixo eletrônico pode ajudar a desenvolver aulas de física, porque esse lixo contém muitos materiais condutores de energia e magnetismo. Com esses materiais podemos desenvolver aulas práticas de física e aprender mais vendo como eles se comportam.

9) Para você, assuntos relacionados ao “LIXO ELETRÔNICO” podem ser abordados em outras disciplinas como Biologia e Química? Comente.

Sim. Porque essas elementos que fazem parte do lixo eletrônico, muitas das vezes, são colocados em lugares não apropriados e como esses dois materiais estudam também o meio ambiente, podem abordar temas sobre esse assunto.

## AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA 2

NOME: \_\_\_\_\_

1) O que significa dizer que um corpo está eletricamente neutro?

Significa que seus elétrons negativos e positivos estão em equilíbrio.

2) Duas esferas condutoras idênticas que estavam inicialmente carregadas com cargas de mesma intensidade, porém, de sinais contrários são colocadas em contato. Determine:

A) a carga das esferas após o contato. Justifique.

A carga das esferas aumentará, pois uma transmitirá intensidade para a outra.

B) houve fluxo de cargas da esfera positiva para a negativa ou da esfera negativa para a positiva? Da negativa para positiva

3) No lançamento de carga elétrica positiva numa região de campo magnético uniforme, quais são os comportamentos das cargas quando lançadas:

A) Paralelamente às linhas de indução magnética.

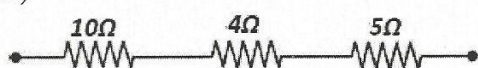
Movimento circular uniforme

B) Perpendicularmente às linhas de indução magnética.

Movimento retilíneo uniforme

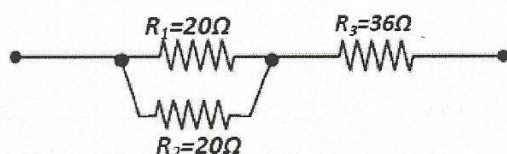
4) Dada as associações de resistores a seguir, determine a resistência equivalente em cada associação:

A)



$$R_T = 10 + 4 + 5 = 19 \Omega$$

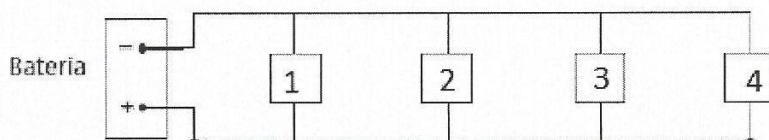
B)



$$R = \frac{20 \cdot 20}{20 + 20} = \frac{400}{40} = 10 \Omega$$

$$R_T = 10 + 36 = 46 \Omega$$

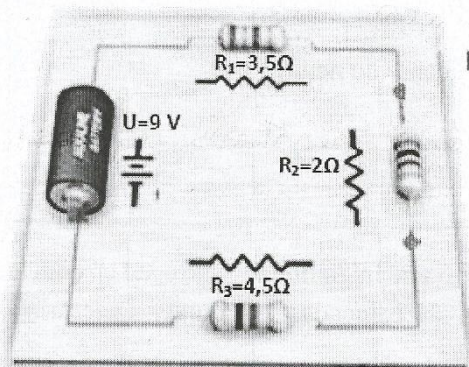
5) O esquema a seguir mostra como é feita a associação de quatro lâmpadas ligadas em paralelo e alimentadas por uma fonte de tensão contínua.



O que acontece com as demais lâmpadas do circuito se uma das lâmpadas se queimar?

Elas continuarão acesas e funcionarão normalmente.

6) A figura a seguir mostra uma associação de três resistores em série alimentados por uma fonte de tensão de 9V. Qual o valor da corrente elétrica que flui no circuito?

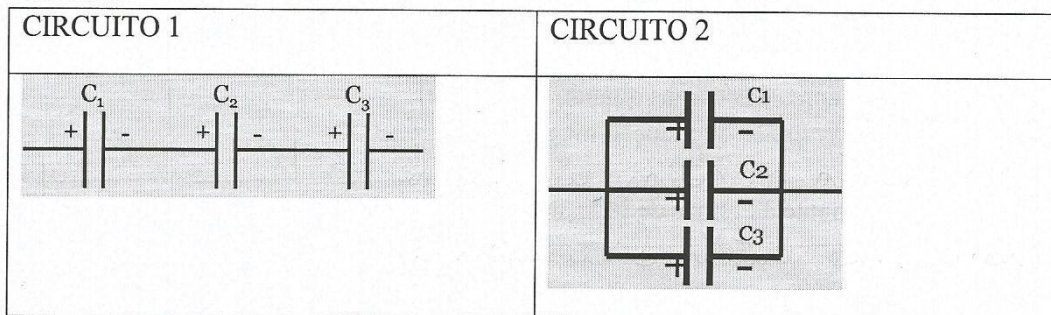


$$R_1 + R_2 + R_3 =$$

$$3,5 + 2 + 4,5 = 10 \Omega$$

$$U = 9 \text{ ou } 0,9$$

7) Deseja-se associar capacitores com a finalidade de obter a maior capacitância. Considerando que nas seguintes associações foram utilizados capacitores idênticos, analise os circuitos.



Resposta:

Qual dos circuitos pode armazenar uma maior carga? Justifique.

Circuito II  
Por que ele tem uma maior capacitância.

8) Dê sua opinião sobre: “Como o uso de lixo eletrônico pode auxiliar no desenvolvimento das aulas de Física”.

Eles podem auxiliar em experimentos feitos em sala de aula, para um melhor aprendizado e visualização do tema na prática.

9) Para você, assuntos relacionados ao “LIXO ELETRÔNICO” podem ser abordados em outras disciplinas como Biologia e Química? Comente.

Sim, pois ambas as disciplinas contém matérias em relação ao lixo eletrônico, ambas podem relacionar o lixo eletrônico com elas.

## AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA 2

NOME: \_\_\_\_\_

1) O que significa dizer que um corpo está eletricamente neutro?

que ele está balanceado com o mesmo número de cargas positivas e negativas.

2) Duas esferas condutoras idênticas que estavam inicialmente carregadas com cargas de mesma intensidade, porém, de sinais contrários são colocadas em contato. Determine:

A) a carga das esferas após o contato. Justifique.

elas vão ficar neutras pois tem o mesmo número de cargas positivas e negativas.

B) houve fluxo de cargas da esfera positiva para a negativa ou da esfera negativa para a positiva? nenhuma das duas.

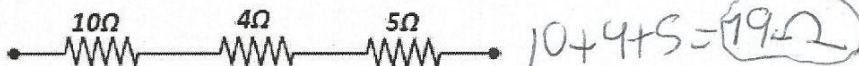
3) No lançamento de carga elétrica positiva numa região de campo magnético uniforme, quais são os comportamentos das cargas quando lançadas:

A) Paralelamente às linhas de indução magnética.

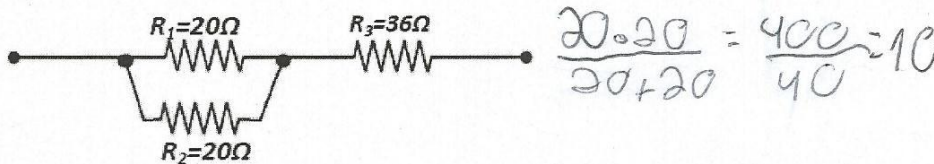
B) Perpendicularmente às linhas de indução magnética.

4) Dada as associações de resistores a seguir, determine a resistência equivalente em cada associação:

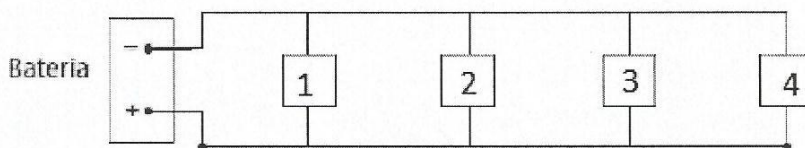
A)



B)



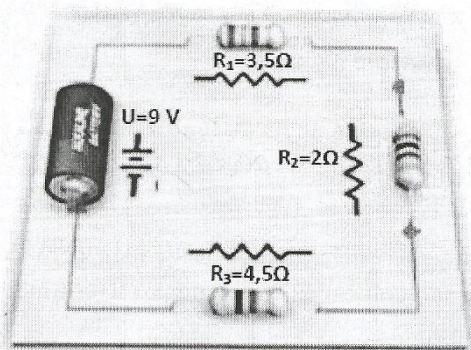
5) O esquema a seguir mostra como é feita a associação de quatro lâmpadas ligadas em paralelo e alimentadas por uma fonte de tensão contínua.



O que acontece com as demais lâmpadas do circuito se uma das lâmpadas se queimar?

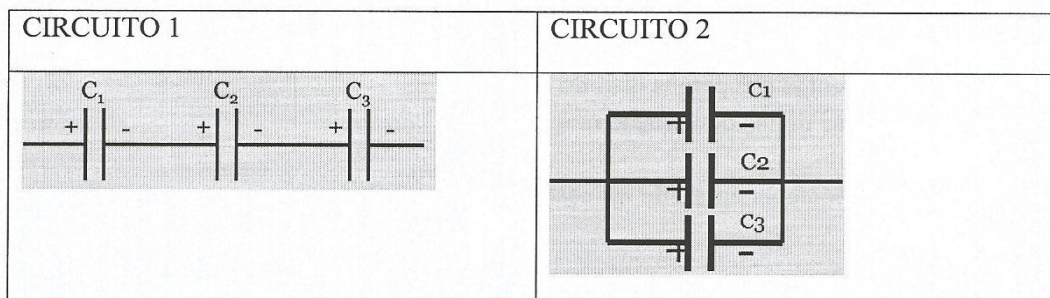
As outras continuam funcionando.

6) A figura a seguir mostra uma associação de três resistores em série alimentados por uma fonte de tensão de 9V. Qual o valor da corrente elétrica que flui no circuito?



$$\frac{3,5 \cdot 4,5}{3,5 + 4,5} =$$

7) Deseja-se associar capacitores com a finalidade de obter a maior capacitância. Considerando que nas seguintes associações foram utilizados capacitores idênticos, analise os circuitos.



Responda:

Qual dos circuitos pode armazenar uma maior carga? Justifique.

*Circuito 2 pois a energia é a mesma para cada um e como no circuito 1 a carga é dividida*

8) Dê sua opinião sobre: “Como o uso de lixo eletrônico pode auxiliar no desenvolvimento das aulas de Física”.

*Pode ajudar sendo estudado os resistores os placas podemos ver onde se pensa em corrente elétrica como em cada tensão e porque aquela coisa que aquele aparelho foi queimado etc...*

9) Para você, assuntos relacionados ao “LIXO ELETRÔNICO” podem ser abordados em outras disciplinas como Biologia e Química? Comente.

*Porém sim na biologia podemos ressaltar o papel de carregar lixo eletrônico na natureza entre outras coisas e na química podemos abordar qual reação acontece com o aparelho quando não é utilizado mais entre outras coisas.*

NOME: \_\_\_\_\_

1) O que significa dizer que um corpo está eletricamente neutro?

*abundando um corpo tem eletrões e protonas de mesma quantidade e a potência estão em estabilidade de ou seja neutro.*

2) Duas esferas condutoras idênticas que estavam inicialmente carregadas com cargas de mesma intensidade, porém, de sinais contrários são colocadas em contato. Determine:

A) a carga das esferas após o contato. Justifique.

*a carga da esfera se torna nula.*

B) houve fluxo de cargas da esfera positiva para a negativa ou da esfera negativa para a positiva? *da negativa para positiva.*

3) No lançamento de carga elétrica positiva numa região de campo magnético uniforme, quais são os comportamentos das cargas quando lançadas:

A) Paralelamente às linhas de indução magnética.

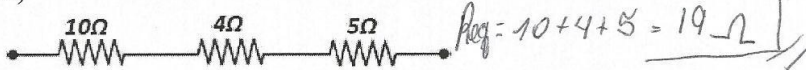
*Neutro.*

B) Perpendicularmente às linhas de indução magnética.

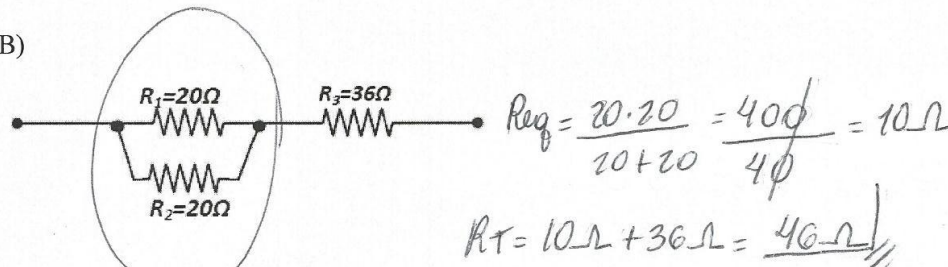
*circular uniforme.*

4) Dada as associações de resistores a seguir, determine a resistência equivalente em cada associação:

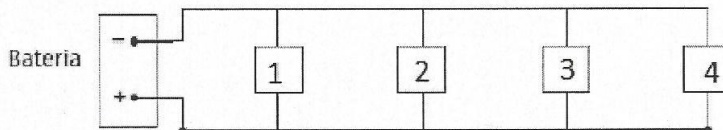
A)



B)



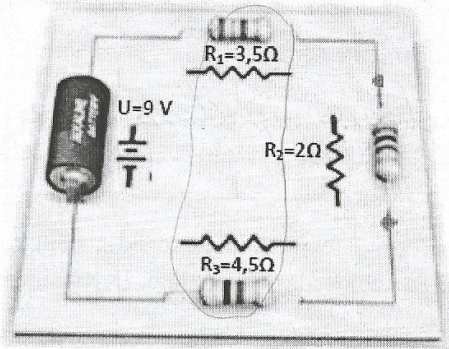
5) O esquema a seguir mostra como é feita a associação de quatro lâmpadas ligadas em paralelo e alimentadas por uma fonte de tensão contínua.



O que acontece com as demais lâmpadas do circuito se uma das lâmpadas se queimar?

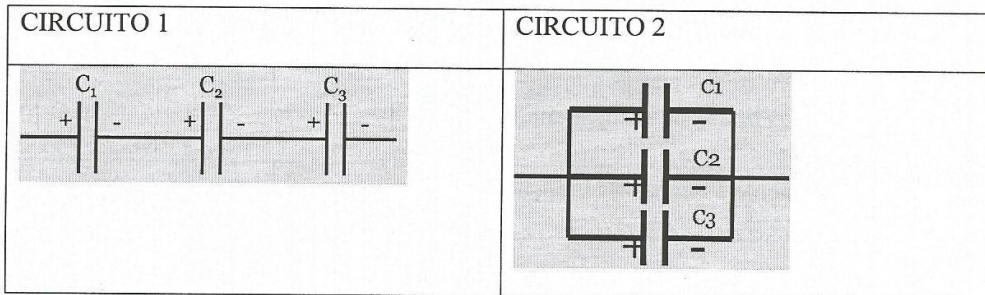
*Ela continuará a funcionar pois está ligada a uma associação em paralelo e nestes caso ligadas em série todas se queimariam.*

6) A figura a seguir mostra uma associação de três resistores em série alimentados por uma fonte de tensão de 9V. Qual o valor da corrente elétrica que flui no circuito?



$$R_{eq} = \frac{3,5 \cdot 4,5}{3,5 + 4,5} = \frac{157,5}{8,0} =$$

7) Deseja-se associar capacitores com a finalidade de obter a maior capacitância. Considerando que nas seguintes associações foram utilizados capacitores idênticos, analise os circuitos.



Responda:

Qual dos circuitos pode armazenar uma maior carga? Justifique.

*o circuito 2.*

8) Dê sua opinião sobre: “Como o uso de lixo eletrônico pode auxiliar no desenvolvimento das aulas de Física”.

*O lixo eletrônico é um importante componente nas aulas de física, principalmente em aulas práticas fixas ou algum tipo de trabalho, as vezes o aluno vendo e tendo contato com esse tipo de material desenvolve-se melhor, aprende mais usando a teoria e a prática.*

9) Para você, assuntos relacionados ao “LIXO ELETRÔNICO” podem ser abordados em outras disciplinas como Biologia e Química? Comente.

*Em biologia pode-se estudar a forma de descarte correto e o uso sem prejudicar o meio ambiente.*  
*Em química suas fórmulas e composições.*

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DEMO, Pedro. **Ser professor é cuidar que o aluno aprenda**. Porto Alegre: Mediação, 2004.

GASPAR, Alberto. **Atividades experimentais no ensino de física**: uma nova visão baseada na teoria de Vigotski. São Paulo: Editora Livraria de Física, 2014.

HALLIDAY, David; HESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**: eletromagnetismo. vol.3. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

HEWITT, P.G. **Física Conceitual**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

LUCKESI, Cipriano Carlos. **Avaliação da Aprendizagem na Escola**: reelaborando conceitos e criando a prática. 2 ed. Salvador: Malabares Comunicações e eventos, 2005.

MACHADO, Roberta. **Lixo eletrônico cresce em quantidade preocupante no mundo**. Disponível em: <[http://www.em.com.br/app/noticia/tecnologia/2014/01/28/interna\\_tecnologia,492342/lixo-eletronico-cresce-em-quantidade-preocupante-no-mundo.shtml](http://www.em.com.br/app/noticia/tecnologia/2014/01/28/interna_tecnologia,492342/lixo-eletronico-cresce-em-quantidade-preocupante-no-mundo.shtml)>. Acesso em 05 de abril de 2016.

MANEGOTTO, José Carlos; ROCHA, João Bernardes da. **Atitudes de estudantes do ensino médio em relação à disciplina de Física**. Disponível em <[http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen7/ART2\\_Vol7\\_N2.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen7/ART2_Vol7_N2.pdf)>. Acesso em 11 de março 2016

MATTOS, Karen M. C.; MATTOS, Katty Maria da Costa; PERALEZ, Wattson José Saenz. **Os impactos ambientais causados pelo lixo eletrônico e o uso da logística reversa para minimizar os efeitos causados ao meio ambiente**. In: XXVIII Encontro Nacional de Engenharia da Produção, ENEGEP, 2008.

MORIN, Edgar. **A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento**/ Edgar Morin; tradução Eloá Jacobina. 15. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

PIAGET, Jean. **Seis estudos de psicologia**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 6. ed., 1973, p. 12.

RAMALHO, Francisco et. al. **Os Fundamentos da Física**. Vol. 3. 8. Ed. São Paulo: Moderna, 2003.

SANTOS, R. H. R.; SILVA, M. T. O. **O Ensino de Física Por Meio de Experimentos com Materiais do Lixo Eletrônico**. Anais · II CONPEEX - Congresso de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura · UFG/RC · 28 a 30/09/2016 · ISSN 2447-4134. Pág. 109-112.

TIPLER, P. A; MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros**: eletricidade, magnetismo e óptica. Vol. 2. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

VYGOTSKY, L.S. **A Construção do Pensamento e da Linguagem**. São Paulo. Editora Martins Fontes, 2001.

WESTBROOK, Robert B.; **John Dewey**/ Anísio Teixeira, José Eustáquio Romão, Verone Lane Rodrigues (org.). Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 2010.

YAMAMOTO, Kazuhito; FUKU, Luiz Felipe. **Física para o Ensino Médio**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

YOUNG, Hugh D. **Física III**: eletromagnetismo/ Sears e Zemansky. 10. ed. São Paulo: Pearson education, 2007.